

5 Perceel Vogels – Grote stern en visdief

Auteurs: M.J.M. Poot, R.C. Fijn, T.J. Boudewijn, J. de Jong, P.W. van Horssen, M. Japink, B. van den Boogaard en J. Bergsma (Bureau Waardenburg), E.W.M. Stienen, W. Courtens, N. Vanermen en H. Verstraete (INBO), P.A. Wolf, M.S.J. Hoekstein en S.J. Lilipaly (Delta Project Management).

5.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt eerst de achtergrond van het onderzoek met betrekking tot de sterns geschetst. Vervolgens lichten we de meet- en evaluatievragen (MEP-vragen) toe die betrekking hebben op de grote stern en de visdief en vertalen we die naar onderzoeksvragen en werkhypothesen. We besluiten met een leeswijzer waarin het kader en de begrenzingen van de in dit rapport gepresenteerde resultaten worden toegelicht.

5.1.1 Achtergrond

Door de aanleg van de Tweede Maasvlakte is leef- en foerageergebied van de grote stern en visdief verloren gegaan in het Natura 2000-gebied Voordelta. Dit is in de Passende Beoordeling als een significant negatief effect beoordeeld. Om dit negatieve effect te compenseren zijn diverse rustgebieden, en een bodembeschermingsgebied ingesteld. De verwachting was dat door deze twee maatregelen de (potentiële) leef- en foerageerfunctie van de Voordelta voor deze twee soorten worden hersteld naar de situatie van vóór de aanleg van de Tweede Maasvlakte. Om dit te testen is bij de aanvang van het onderzoeksprogramma een set vragen (MEP-vragen) opgesteld voortvloeiend uit de compensatieopgave zoals beschreven in de Natuurbeschermingswetvergunning voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte.

Ecologie grote stern en visdief

Sterns komen in grotere aantallen in de periode april – september in de Voordelta voor. Buiten deze periode zijn de aantallen sterns in de Voordelta gering. In dit onderzoek is gericht gekeken naar de grote stern en de visdief. Beide soorten benutten verschillende habitats in het zeegebied, bestaande uit schaars begroeide eilanden voor het broeden en de zone van de branding tot ver uit de kust voor het foerageren. Over het algemeen blijven visdieven dichter bij de kust dan grote sterns. Beide sternsoorten eten vooral pelagische vis, die vlak onder het wateroppervlak tijdens een stootduik wordt gevangen. Ze kunnen grote afstanden afleggen tijdens hun foerageertochten, met name in de periode dat kuikens gevoerd worden. Sterns zijn single-load foerageerders, hetgeen betekent dat de vissen voor de kuikens één voor één in de bek worden aangevoerd vanuit zee. Hierdoor is de voedselkeuze en aanvoer goed te volgen. Zandplaten en stranden fungeren als rustgebied voor en na het broedseizoen, maar worden ook benut tijdens het broedseizoen. Grote sterns broeden in dichte kolonies op enkele eilanden in de gehele Delta (Scheelhoek, Markenje, Flauwers Inlagen, Hooge Platen), eigenlijk altijd in nauw verband met kokmeeuwen. Het risico bestaat dat tijdens de prooiaanvoer naar het kuiken, de prooi afgepakt wordt door kleptoparasiterende meeuwen. Echter de bescherming die de kokmeeuwen bieden ten opzichte van luchtpredatoren zoals roofvogels en grotere meeuwensoorten weegt zwaarder dan dit voedselverlies. De kolonies in het Deltagebied maken onderdeel uit van een grotere (meta)populatie in de zuidwestelijke Delta (inclusief Zeebrugge in België, en mogelijk ook Platier d'Oye bij Duinkerken in Noord-Frankrijk) of nog groter (inclusief de Waddenzeekolonies op Texel, Ameland en Griend). Visdieven broeden in veel meer en vaak

kleinere kolonies tussen de Maasvlakte en de Hooge Platen, en broeden in lagere dichtheden per vierkante meter dan grote sterns. Visdieven kiezen daarbij de minst begroeide plaatsen op, terwijl grote sterns op eilanden de meer begroeide plaatsen voor hun kolonie kiezen, mede ingegeven door de voorkeur van kokmeeuwen om in relatief hoog opgaande vegetatie hun nesten te bouwen.

Het onderzoek beschreven in dit hoofdstuk is bedoeld om het effect van de twee compensatiemaatregelen in de Voordelta (de instelling van de rustgebieden en het bodembeschermingsgebied) op broedende en niet broedende sterns te bestuderen. Hiermee wordt getracht de vraag te beantwoorden of veranderingen in het voorkomen van sterns gerelateerd kunnen worden aan het instellen van de rustgebieden en het bodembeschermingsgebied en de daarmee verondersteld samenhangende vermindering in de verstoring en verbetering in de voedselsituatie.

5.1.2 Monitoring en Evaluatie Programma - vragen uit MEP-MV2

Hieronder worden de twee compensatiemaatregelen nader beschreven. Vervolgens worden de MEP-vragen, die ten aanzien van sterns werden geformuleerd binnen de kaders van het MEP-MV2, gepresenteerd betreffende de effectiviteit van deze maatregelen die richting hebben gegeven aan het onderzoek.

Maatregel instellen rustgebieden

Het instellen van de rustgebieden heeft tot doel binnen de Voordelta de verstoring van de grote sterns/visdieven die op de platen rusten te verminderen, omdat dit mogelijk een van de beperkende factoren is voor het voorkomen en uiteindelijk het jaarlijkse aantal vogeldagen van deze soorten in de Voordelta (als beschermd Natura 2000-gebied). Sterns foerageren op kleine vissen in de Voordelta en daar buiten, en hebben tussen de vluchten een plek zoals een zandplaat of kale grond nodig waar ze kunnen rusten. Broedparen gebruiken voornamelijk de broedkolonie als rustplek, maar niet broedende vogels maken ook gebruik van zandbanken mits deze niet te veel verstoord worden. De verwachting is dat de rustgebieden voornamelijk voor deze laatste groep vogels een positieve uitwerking zal hebben.

Maatregel instellen bodembeschermingsgebied

Het bodembeschermingsgebied heeft als doel het ter plaatse verbeteren van de voedselsituatie voor de sterns, omdat ook dit mogelijk van invloed is op het voorkomen en uiteindelijk het jaarlijkse aantal vogeldagen van de sterns in de Voordelta. Broedende vogels zijn beperkt in de afstand die ze kunnen afleggen om te foerageren, omdat ze gebonden zijn aan de broedkolonie. Vandaar dat naar verwachting voornamelijk voor deze individuen de voedselsituatie in de nabijheid van de kolonie van belang is om niet alleen zelf in goede conditie te blijven, maar ook om jongen groot te brengen. Het bodembeschermingsgebied zal dan vooral effect kunnen hebben in de periode voor en na het broedseizoen en op niet broedende vogels die in de Voordelta verblijven. Mogelijk treedt door een verminderde bodemberoering een positief effect op in het aanbod van zandspiering en daarmee op de grote stern, omdat zandspiering een belangrijke prooi-soort voor met name deze sternsoort is.

Hoofdvragen MEP evaluatievraag 3 (grote stern) en 4 (visdief)

De MEP-vragen bestaan uit vier deelvragen. Vraag 1 gaat vooral over de toestand van habitattype 1110, het bodembeschermingsgebied, vragen 2, 3 en 4 gaan voornamelijk over de functie van het gebied voor zee-eenden (vraag 2) en sterns (vraag 3 en 4). Van de set

geformuleerde MEP-vragen zijn voor het Perceel Vogels en specifiek voor de sterns vooral de MEP-vragen 3 en 4 (deel 1c en 1d) van belang.

Evaluatievragen 3/4 b en c betreffen het verband tussen de verspreiding en het aantal vogeldagen in de Voordelta en de ingestelde maatregelen, namelijk het instellen van het bodembeschermingsgebied (vraag b) en de rustgebieden (vraag c). Deelvraag ii richt zich op de oorzakelijke verbanden: voedselbeschikbaarheid, rust of andere factoren. Welke andere factoren dit zijn is tijdens het opstellen van de MEP-vragen niet nader gespecificeerd. Evaluatievraag 3/4 a heeft betrekking op de *aanleg* van de Tweede Maasvlakte. Dit valt buiten de scope van dit onderzoek en zal zodoende niet genoemd worden.

- b** Leidt het instellen van het bodembeschermingsgebied tot een gelijkblijvende potentiële functie van de Voordelta voor de grote stern in termen van voedselbeschikbaarheid?
 - i. Treden veranderingen op in verspreidingspatronen en het aantal vogeldagen van de grote stern t.o.v. de situatie van vóór de aanleg van de Tweede Maasvlakte?
 - ii. Zijn deze veranderingen toe te schrijven aan (veranderingen in) de voedselbeschikbaarheid of zijn andere factoren van (groter) belang?
- c** Leidt het instellen van de rustgebieden tot een toename van het aantal op platen rustende grote sterns en zo ja, is deze verandering toe te schrijven aan de aanwezigheid van de rustgebieden of ook aan andere factoren?

5.1.3 Ingreep-effectrelaties en hypothesen

De voorspelde effecten en de compensatiemaatregelen zijn gebaseerd op ingreep-effect relaties zoals beschreven in RIKZ (2007). De effectketens beschrijven de processen die relevant zijn voor het inzicht in de ingreep-effectrelaties. Het onderzoek en de monitoring in het studiegebied zijn gebaseerd op de verwachte effecten van de compensatiemaatregelen. Op basis van deze verwachtingen is in een Hypothesendocument (Holzhauer *et al.* 2010) een overzicht gemaakt van de verwachte ingreep-effect relaties en de bijbehorende hypothesen zoals afgeleid van de MEP-vragen. Hieronder wordt voor de hoofdvragen toegelicht welke data is verzameld en welke analyses zijn uitgevoerd ter beantwoording van deze vragen. Ook zijn aan iedere hoofdvraag de door Deltares geformuleerde specifieke werkhypothesen toegevoegd die zijn gebaseerd op het hierboven genoemde hypothesendocument.

Evaluatievraag 3/4 b Effect bodembeschermingsgebied

Als gevolg van de aanleg van Maasvlakte2 gaat een deel van het foerageergebied voor sterns verloren. Om dit verlies te compenseren is een bodembeschermingsgebied ingesteld. Het is de vraag of de genomen maatregel er voor zorgt dat de potentiële foerageerfunctie van de Voordelta voor sterns gelijk blijft (**Hypothese 1**). Dit wordt in eerste instantie getest door naar het aantal vogeldagen (aantal vogels dagen aanwezig) en de verspreidingspatronen voor en na de aanleg van de Tweede Maasvlakte en de instelling van de compenserende maatregelen te kijken. Om hier inzicht in te krijgen hebben vliegtuigtellingen en landwaarnemingen van sterns plaatsgevonden (beide leveren data met betrekking tot soort, aantal, gedrag en ruimtelijke verspreiding in de Voordelta). De toetsing van de hypothese vindt plaats door te kijken naar de grootschalige temporele en ruimtelijke patronen van de grote stern en de visdief waarbij de T0 (situatie voor beheersmaatregelen) en T1 (situatie na beheersmaatregelen) vergeleken worden. Ook wordt gekeken naar de gegevens van voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte en naar de gegevens van na de aanleg ervan.

Bovenstaande aanpak geeft informatie over het voorkomen van de sterns voor en na het instellen van het bodembeschermingsgebied, maar nog niet over de onderliggende oorzaak of oorzaken van een eventueel verschil tussen de T0 en T1. Om te beoordelen of het gevonden aantal vogeldagen en het verspreidingspatroon gerelateerd zijn aan het voedselaanbod (**Hypothese 2**), is gekeken naar de voedselvoorkeur van de sterns en naar het voorkomen van deze soorten vis (in perceel Vis en dit perceel). De voedselvoorkeur is bepaald door dieetonderzoek te doen aan de hand van faeces van adulte vogels gevonden in broedkolonies en door visuele waarnemingen van het voedsel dat naar de broedkolonie gebracht is (soort/lengte) als voedsel voor de kuikens. Enkele parameters die indicatief zijn voor de relatie met voedselbeschikbaarheid (o.a. legselgrootte, kuikenoverleving en lichaamsconditie van de kuikens) zijn intensief gemonitord in enclosures (afgesloten gebieden) in enkele geselecteerde kolonies in het noordelijke deel van het Deltagebied, het gebied waar ook de meeste vogels voorkomen die in de buurt van de Tweede Maasvlakte foerageren. Al deze factoren zullen gezamenlijk worden geanalyseerd om de opgestelde hypothesen te toetsen en uiteindelijk de onderzoeksvragen te beantwoorden.

Broedkolonies

Het effect van de verbeterde voedselsituatie kan ook gerelateerd worden aan het broedsucces in de broedkolonies. Er zijn verschillende broedkolonies in de Delta en een aantal hiervan is gesitueerd in het kustgebied van de Voordelta. Verwacht wordt dat er een relatie is tussen het voedselaanbod in de Voordelta en het broedsucces in de kolonies (**Hypothese 3**), maar het kan ook zijn dat het succes in de kolonies voornamelijk bepaald wordt door andere factoren, zoals het beheer van het broedgebied, de mate van predatie of klimaatsfactoren (**Hypothese 4**). Om inzicht te krijgen in de factoren die meespelen bij het broedsucces en daarmee bij de vraag of een mogelijke verandering in het voorkomen van sterns in de Voordelta toe te schrijven is aan een veranderend voedselaanbod, wordt jaarlijks het aantal broedparen in alle Deltakolonies bepaald, dus ook buiten de Voordelta. Hiermee worden eventuele verplaatsingen tussen broedgebieden inzichtelijk gemaakt. Lokale fenomenen in de kolonies zoals predatie door ratten, meeuwen en/of roofvogels, overspoeling ten gevolge van hoge waterstanden en negatieve effecten als gevolg van vegetatiesuccessie zijn daarom ook gemonitord als een alternatieve reden voor veranderend broedsucces. Al deze factoren zullen gezamenlijk worden geanalyseerd om de opgestelde hypothesen te toetsen en uiteindelijk de onderzoeksvragen te beantwoorden.

Deze onderzoeksvragen leiden tot de volgende werkhypothesen, geformuleerd als nulhypothesen:

Hypothese 1: Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen van de grote stern/visdief in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

Hypothese 2: Het aantal grote sterns/visdieven (adult en/of juveniel) in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

Hypothese 3: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

Hypothese 4: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaat invloeden.

Evaluatievraag 3/4 b Effect Rustgebieden

Vraag 3/4 c gaat in op de effectiviteit van de rustgebieden. Leiden deze tot een verandering in het voorkomen en het verspreidingspatroon van de grote sterns/visdieven? Rustende grote sterns en visdieven zijn gevoelig voor verstoring (periode van aanwezigheid loopt van april tot in september) door menselijke activiteiten. De verwachting is dat het uitsluiten van deze activiteiten zal leiden tot meer gebruik van de platen in de rustgebieden door sterns (**Hypothese 5**). Tijdens vliegtuigtellingen is enkel te zien wat de vogels op dat specifieke moment doen. Om meer inzicht te krijgen in het gedrag van de sterns, zijn ook landwaarnemingen uitgevoerd en zijn verschillende adulte sterns gezenderd. Met deze zendergegevens kan over een langere periode inzichtelijk worden gemaakt wat een individu doet (vliegen/rusten) en waar het zich bevindt. Op die manier kunnen rust- en foerageerlocaties worden bepaald en daarnaast is het ook mogelijk om aanvullende informatie te verzamelen zoals tripduur, triplengte, tijdsbudgetten van individuele foerageertochten die een indicatie kunnen geven over de ligging van het foerageergebied en voedselbeschikbaarheid. Daarnaast is in het perceel Gebruik informatie verzameld over het menselijk gebruik van de Voordelta inclusief in de rustgebieden. Door ruimtelijke patronen (in de voor sterns relevante periode) van menselijk gebruik en gebruik van het gebied door de sterns te vergelijken wordt de hypothese getoetst.

Deze onderzoeksvraag leidt tot de volgende werkhypothese, geformuleerd als nulhypothese:

Hypothese 5: Menselijke activiteiten leiden niet tot verstoring van grote sterns/visdieven die de platen gebruiken om te rusten (april-september).

Externe factoren

Naast rust en voedselbeschikbaarheid in de Voordelta, kunnen ook andere factoren van invloed zijn op het voorkomen van grote sterns en visdieven in de Voordelta. Grote sterns en visdieven zijn soorten die op zicht jagen. Een hoge turbiditeit van het water kan het doorzicht verminderen en daardoor het vangstsucces verminderen. De verwachting is dan ook dat als de abiotische omstandigheden in de Voordelta veranderd zijn in de jaren na het instellen van de compensatiemaatregelen, dit het voorkomen van sterns zal beïnvloeden (**Hypothese 6**). Verder foerageren grote sterns en visdieven ook buiten de Voordelta. Zodoende zal de voedselsituatie buiten de Voordelta ook invloed hebben op het voorkomen en de verspreiding binnen de Voordelta (**Hypothese 7**). Daarnaast is de populatie sterns die zich in de Voordelta bevindt onderdeel van een grotere populatie in Europa/de wereld. Als deze grotere populatie aan veranderingen onderhevig is, zal dit doorwerken op de deelpopulatie van de Voordelta (**Hypothese 8**). De abiotische conditie van de Voordelta is gemeten in Perceel Abiotiek. Deze data is meegenomen in de analyses als verklarende factor. De situatie buiten de Voordelta is voornamelijk door middel van literatuurstudie in kaart gebracht. De toetsing van deze hypothesen is vermoedelijk niet kwantitatief aantoonbaar wegens de complexiteit en vanwege het ontbreken van gegevens. Een complicerende factor in dit onderzoek is dat als externe invloeden dominant zijn ten aanzien van de aantallen en de verspreiding van sterns de relatie met compensatiemaatregelen moeilijk aantoonbaar wordt. Al deze factoren zullen gezamenlijk worden geanalyseerd om de opgestelde hypothesen te toetsen en uiteindelijk de onderzoeksvragen te beantwoorden.

Deze onderzoeksvragen leiden tot de volgende nulhypothesen:

Hypothese 6: Er is geen (cor)relatie tussen abiotische parameters van het water of het sediment en de verspreiding van de grote sterns/visdieven.

Hypothese 7: Er is geen relatie tussen de voedselsituatie lokaal of elders en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta

Hypothese 8: Er is geen relatie tussen de veranderingen in de populatiedynamica van de grote stern/visdief elders in hun leefgebieden en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta.

Bij de beantwoording van de MEP-vragen en de evaluatie van de twee compensatiemaatregelen dient rekening te worden gehouden met soms tegenstrijdige uitkomsten. Een voorbeeld: als wordt vastgesteld dat een toegenomen aantal sterns gebruik heeft gemaakt van de platen, hoeft dit niet te betekenen dat het instellen van de platen tot rustgebied een direct effect heeft. Het kan namelijk ook het gevolg zijn van verslechterde broedresultaten. Vogels waarvan het broedsel is mislukt verlaten de kolonie en verblijven elders, bijvoorbeeld op platen in de Voordelta. Anderzijds kan een verhoogd aantal foeragerende vogels binnen de Voordelta ook duiden op verslechterde omstandigheden, omdat dan de vogels langer moeten foerageren om voldoende voedsel voor zichzelf en de jongen te vinden. Het is belangrijk om onderscheid te maken tussen dit soort aspecten om de vraag te kunnen beantwoorden of de instelling van rustgebieden en het bodembeschermingsgebied een bijdrage heeft geleverd aan het gelijk blijven van de foerageerfunctie van de Voordelta voor de grote stern en de visdief.

5.1.4 Aanpak data verzameling sterns / overzicht onderzoekmodulen

De beantwoording van de hoofd- en subvragen gebeurt aan de hand van specifieke informatie over het voorkomen, verspreiding, gedrag en voedselkeuze van de sterns (dit perceel), en gegevens over vis (Perceel Vis), menselijk gebruik (Perceel Gebruik) en abiotiek (Perceel Abiotiek). Verschillende typen data kunnen bijdragen aan het testen van meerdere hypothesen. Zo dragen de vogeltellingen bij aan zowel de vraag of de foerageerfunctie van de Voordelta gelijk blijft als aan de vraag of de rustfunctie van de Voordelta gelijk blijft. Vandaar dat de data verzameling niet plaats heeft gevonden per hypothese, maar per type dataverzameling.

Bij de monitoring van sterns in de Voordelta gaat het niet alleen om monitoren van de sterns binnen de Voordelta, waarbij er een onderscheid is tussen de vogels die daar komen foerageren en rusten op de platen, maar ook om de monitoring van de aantallen vogels en het gedrag in de broedkolonies in de Delta, de voornaamste herkomstbronnen van de vogels die in de Voordelta voorkomen. Het onderzoek is in verschillende deelmodules opgedeeld die hieronder worden beschreven en waarbij aangegeven is voor welke hypothesen data worden aangeleverd voor de beantwoording:

1. Broedparen/broedsucces in de gehele Delta;
 - het herkomstgebied van een groot deel van de sterns foeragerend en rustend op de platen in de Voordelta (*DeltaProjectManagement/Bureau Waardenburg*)

Hypothesen 1, 4, 7 en 8.

2. Aantallen en verspreiding van sterns in de Voordelta aan de hand van tellingen;
 - vliegtuigtellingen van sterns op zee (*Bureau Waardenburg/DeltaProjectManagement*)

Hypothesen 1, 5* en 6. (* in combinatie met menselijk gebruik)

3. Gebiedsgebruik en foerageergedrag van sterns met zenders en GPS-loggers;
 - individueel volgen van vogels in de Voordelta (en daarbuiten) uit de broedkolonies in de Delta (*Bureau Waardenburg*)

Hypothesen 1 en 2.

4. Gebiedsgebruik juveniele grote sterns op de platen na uitvliegen
 - tellingen van sterns op platen per zodiac (*Bureau Waardenburg/Delta ProjectManagement*)
 - kleurringonderzoek – ringen van juveniele vogels in een tweetal kolonies

Hypothesen 1 en 7.

5. Gedetailleerd onderzoek broedecologie van sterns in kolonies op de Scheelhoek, Markenje en de Maasvlakte;
 - enclosures om de conditie van de jongen te volgen en het uiteindelijke broedsucces te bepalen (*INBO*)

Hypothesen 3 en 4.

6. Voedselecologie van sterns in onderzoekskolonies op de Scheelhoek, Markenje en de Maasvlakte;
 - waarnemingen van aangevoerde vissen (juveniel dieet) en faeces onderzoek (adult dieet) (*INBO*).
 - Aanvullend onderzoek - pelagische visbemonsteringen op zee; bepaling lengtefrequentieverdeling van visaanbod in bovenste waterlaag (*Bureau Waardenburg*)

Hypothesen 2, 4 en 7.

Achtergrondinformatie over deze onderzoekmodules, en de materialen en methoden die gebruikt zijn om deze modules uit te voeren, wordt in meer detail beschreven in §5.2.

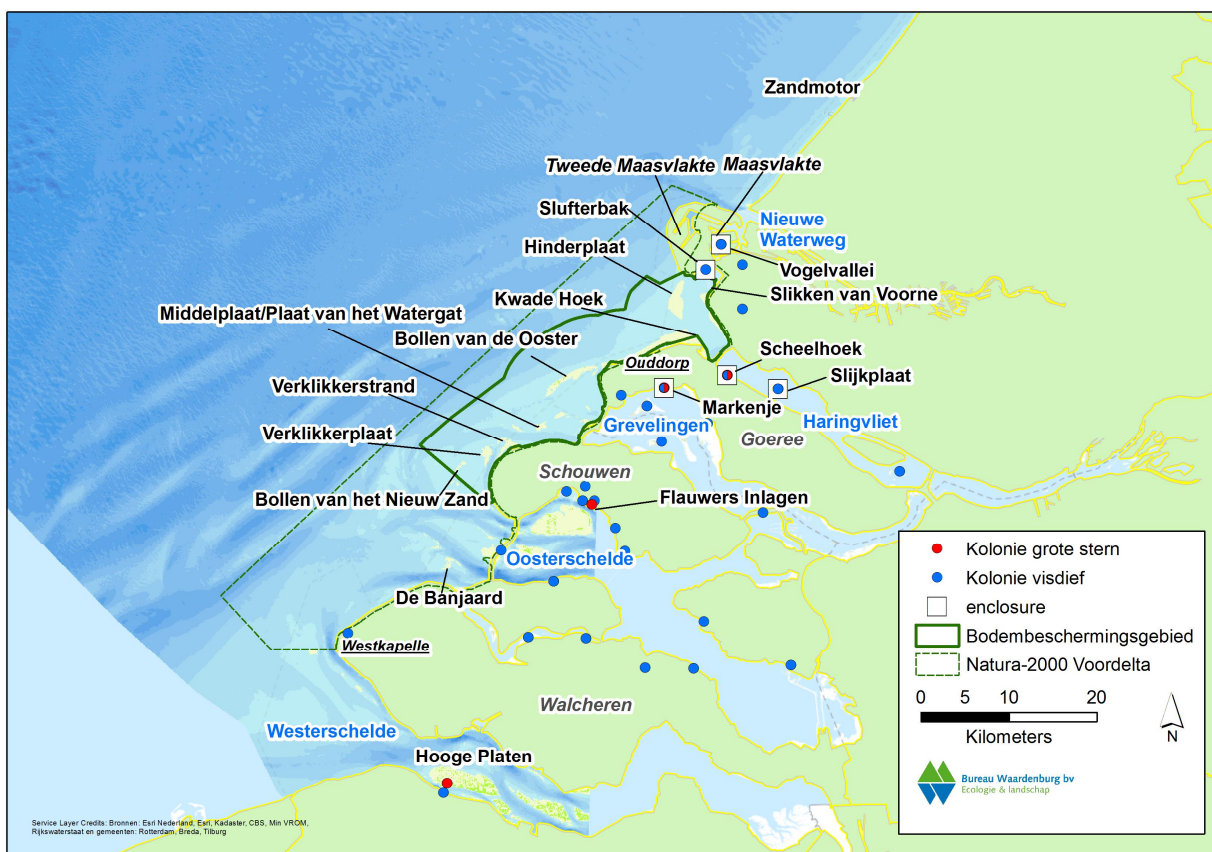
5.1.5 Leeswijzer

Dit rapport is een uitgebreid technisch achtergronddocument waarin gedetailleerd de resultaten van een scala aan verschillende onderzoekmodules bij de sterns wordt gerapporteerd. In paragraaf 5.2 wordt een beschrijving gegeven van de achtergronden en de methodiek van de verschillende onderzoekmodules. Vervolgens worden in paragraaf 5.3 allereerst de basisresultaten gepresenteerd. Bij elk onderdeel wordt in de inleiding aangegeven welke data worden gepresenteerd en voor welke hypothesen de data een bijdrage leveren aan antwoorden. Aan het eind van elk resultatenonderdeel worden eerste gevolgtrekkingen ten aanzien van de hypothesen geformuleerd. In paragraaf 5.4 en 5.5 worden de basisresultaten nader uitgewerkt en worden onderlinge verbanden gelegd, ook met de informatie verkregen in de andere onderzoekpercelen (vis, menselijk gebruik en abiotiek). Dit gebeurt in paragraaf 5.4 voor het onderzoek naar het gebiedsgebruik van de Voordelta door sterns op basis van tellingen en het zenderwerk. In paragraaf 5.5 vinden nadere analyses plaats van de resultaten van het detailonderzoek in de kolonies naar de broedecologie en voedselecologie. Aan het eind van elk van deze analyseparagrafen worden alle bevindingen ten aanzien van respectievelijk het onderwerp 'Gebiedsgebruik Voordelta'

(5.4) en 'Broedbiologie, dieet en foerageergedrag' (5.5) samengevat in deelconclusies. Deze vormen samen met de eerste gevolgtrekkingen uit paragraaf 5.3 ten aanzien van de onderzoekshypothesen de basis voor de finale beantwoording van de onderzoekshypothesen die in paragraaf 5.6 plaatsvindt. In paragraaf 5.6 worden ook de overkoepelende MEP-vragen ten aanzien van sterns beantwoord. In paragraaf 5.7 worden tenslotte aanbevelingen gedaan ten aanzien van vervolgonderzoek.

5.2 METHODEN, DATAVERWERKING EN STATISTIEK

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de gebruikte methoden om de gegevens benodigd voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen, beschreven in §5.1, te verzamelen. Eventuele dataverwerkingsstappen en statistiekmethoden die gebruikt zijn voor vervolganalyses komen in de betreffende sub paragrafen aan bod. Om de leesbaarheid van de kaarten in dit rapport te vergroten is ervoor gekozen om bij de bespreking van de methodiek en resultaten niet of nauwelijks plaatsnamen in figuren op te nemen. In plaats hiervan wordt de topografische ligging van alle genoemde gebieden weergegeven in Figuur 5.1. Daarnaast zijn in dit figuur ook de verschillende sternkolonies in het Deltagebied opgenomen.



Figuur 5.1 Ligging van gebieden die bij de bespreking van de resultaten aan de orde komen. Tevens is de ligging aangegeven van de kolonies van grote stern en visdief, waar in de periode 2009-2012 onderzoek heeft plaatsgevonden. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de kolonies waar zeer intensief enclosurewerk is verricht en kolonies waar alleen de aantallen broedparen en het overall broedsucces zijn gemonitord.

5.2.1 Broedparen en broedsucces van sterns in de Delta

Grote sterns en visdieven die potentieel worden beïnvloed door compensatiemaatregelen foerageren in de Voordelta maar broeden daarbuiten in kolonies verspreid over het Deltagebied. Om iets te kunnen zeggen over het reilen en zeilen van de gehele regionale populatie van grote stern en visdief is jaarlijks het aantal broedparen in alle Deltakolonies bepaald, ook om eventuele verplaatsingen tussen broedgebieden inzichtelijk te maken. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in het kader van de langjarige MWTL monitoring. Het onderzoek bestaat uit een drietal koloniebezoeken waarbij het totale aantal broedparen wordt bepaald. In het kader van het onderhavige project is dit uitgebreid met meer (visdief)kolonies en het eenmalig inschatten van het *overall* broedsucces van individuele kolonies van zowel grote stern als visdief. Gegevens over het broedsucces van grote sterns in het Haringvliet zijn in de jaren 1999 tot en met 2005 verzameld door Delta Project Management (DPM) in opdracht van het Rijksinstituut voor Kust en Zee. In de periode 2009-2011 is door een samenwerkingsverband tussen het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO), Bureau Waardenburg en DPM onder meer aandacht besteed aan het broedsucces van grote sterns. Bij het schrijven van onderstaande jaaroverzichten is naast de eigen aantekeningen van DPM medewerkers dankbaar gebruik gemaakt van de overzichten die Kees de Kraker jaarlijks in zijn Grevelingenverslag publiceert (De Kraker 2001; De Kraker & Derks 2003-2005; De Kraker 2006-2011). Van de kolonie op de Hooge Platen in de Westerschelde zijn iets minder gegevens voorhanden maar ook hier zijn door de beheerder gegevens over het broedsucces van sterns verzameld. Dankzij een uitgebreid netwerk van correspondenten binnen en buiten de Delta weet Kees de Kraker een goed overzicht te verschaffen van de verspreiding en aantallen broedende grote sterns binnen en buiten het Deltagebied (zie bijvoorbeeld De Kraker 2011).

Gedurende het broedseizoen wordt een zo nauwkeurig mogelijke indruk verkregen van het broedsucces van de grote stern door enkele koloniebezoeken. Na het broedseizoen wordt dit uitgewerkt als het aantal vlieg vlugge jongen per paar, waarbij een schatting wordt gemaakt van het broedsucces. De gehanteerde klasse-indeling bij het omschrijven van het broedsucces per paar per kolonie van kustbroedvogels in het Deltagebied is als volgt; A < 0,1 jong, B 0,1- 0,5 jong, C 0,5 - 1 jong, D > 1 jong. Oorzaken van het mislukken van nesten en mortaliteit van jongen worden voor zover mogelijk vastgelegd (predatie, overspoeling, vertrapping door vee etc.). Ook werd tijdens deze bezoeken een inschatting gemaakt van de conditie van de kuikens. In enkele specifieke kolonies is daarnaast in veel groter detail gekeken naar het broedsucces en de kuikencondities (zie §5.2.3).

5.2.2 Aantallen en verspreiding van sterns in de Voordelta

Om de aantallen en verspreiding van sterns in de Voordelta vast te leggen zijn twee onderzoekslijnen gevolgd; vliegtuigtellingen boven de Voordelta en juveniele tellingen op de platen aan het einde van het broedseizoen (§5.2.4). De vliegtuigtellingen werden op vergelijkbare wijze uitgevoerd als tijdens de nulmeting (zie Poot *et al.* 2006). Tijdens de vluchten werd eerst een integrale telling gedaan van de vogels die rusten op platen en stranden en geconcentreerd foerageren langs de kust. Daarna werd een transecttelling (steekproef) gedaan om de vogels die verspreid boven het open water van het zeegebied vliegen te tellen (Figuur 5.2).

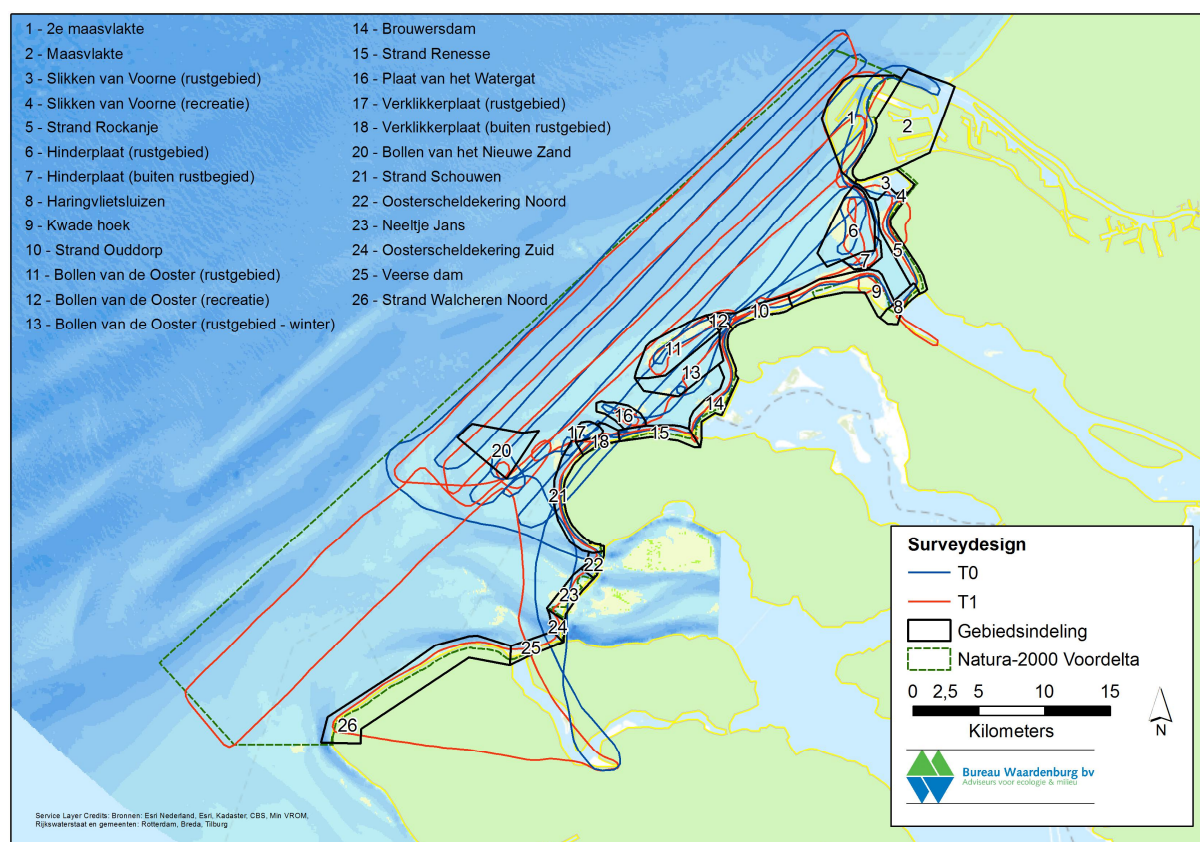
De tellingen werden uitgevoerd van april tot en met september en, net als tijdens de nulmeting, alleen tijdens laagwater. Naast de pure aantallen werd ook informatie verzameld over het gebiedsgebruik (rusten, vliegend, foeragerend), met speciale nadruk op het rusten op de platen. In de verspreidingskaarten worden daarom vogels geassocieerd aan de platen

apart onderscheiden. Platen betreffen ‘zandlichamen’ die geen verbinding hebben met de kust en het betreft hier zowel vogels rustend op de platen als vogels foeragerend in de waterlijn of de ondieptes geassocieerd met de platen. Daarnaast worden in de kaarten de vogels vliegend en/of foeragerend op open zee apart weergegeven. Deze vogels zijn waargenomen tijdens het vliegen van de transecten die slechts een steekproef vormen. Deze gegevens worden gebruikt om dichtheden te berekenen en om van daaruit gebruik makend van een extrapolatie tot een totale populatieschatting voor het studiegebied te komen.

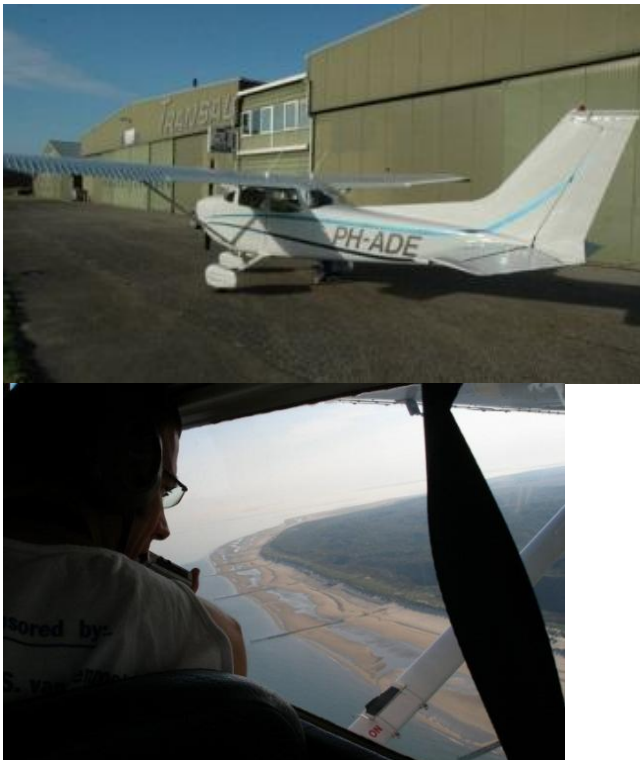
Survey design en veldmethode

Een efficiënte en betrouwbare methode voor het tellen van vogels over een groot oppervlak open water is een telling over meerdere transecten vanuit een vliegtuig (Camphuysen *et al.* 2004). Deze transecten zijn steekproeven waarmee door middel van een statistische exercitie totale aantallen voor een afgebakend studiegebied berekend kunnen worden. Er is een raster gebruikt van een viertal transecten parallel aan de kust, zodat een goede vergelijking mogelijk blijft met de nulmeting. Doordat de transecten op relatief korte afstand naast elkaar liggen, zijn kustdwarse dichtheidseffecten ook met deze opzet op te sporen.

De vluchten met het één-motorig vliegtuig (Figuur 5.3) duurden niet langer dan 3,5 uur; dit is binnen de tijd dat de benodigde concentratie van de waarnemers en de piloot behouden blijft. De gehele vliegtuigtelling werd op 150 m hoogte uitgevoerd, conform de MWTL-surveys van Rijkswaterstaat.



Figuur 5.2 Survey design van de vliegtuigtellingen in de Voordelta tijdens T0 (2005 en 2006) en T1 (2009 – 2012). Het open zeegebied werd in transecten bemonsterd. De vogels rustend op platen en concentraties aan de kust werden integraal geteld. Op de kaart zijn de onderscheiden deelgebieden weergegeven, waaronder de ingestelde rustgebieden.

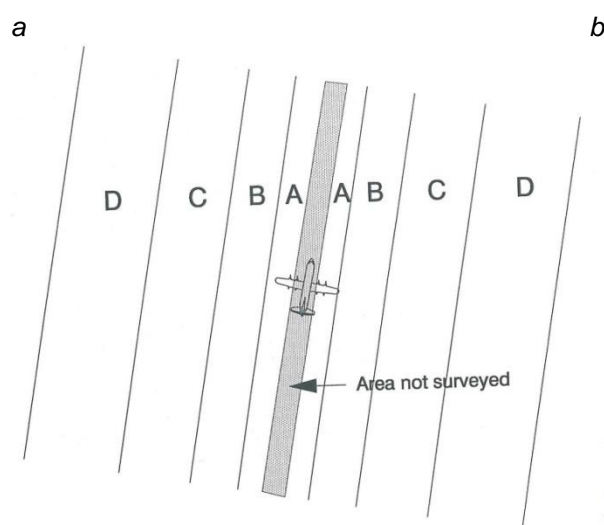


Figuur 5.3 De eenmotorige Cessna (PH-ADE) waarmee de vliegtuigtellingen in de Voordelta zijn verricht (links), en een waarnemer actief met het inspreken van vogelwaarnemingen in een dictafoon ter hoogte van de Kop van Schouwen (rechts).

De waarnemingen werden steeds door één waarnemer verzameld, die op de achterbank van de Cessna steeds aan de westzijde van het vliegtuig zat en met het licht mee keek. Alle waarnemingen werden op een dictafoon ingesproken met de bijbehorende tijd op de seconde nauwkeurig. Daarnaast deed een GPS met trackfunctie met een vaste frequentie van elke 10 seconden een plaatsbepaling. In ArcGIS zijn naderhand de tussenliggende posities op seconde niveau lineair geïnterpoleerd. Na de telling werden de waarnemingen afgeluisterd en gedigitaliseerd. Vervolgens werden de waarnemingen op basis van tijd op de seconde aan een locatie gekoppeld waarmee de ruimtelijke verspreiding van vogels gedetailleerd in beeld gebracht kan worden.

De vliegtuigtellingen in de Voordelta werden gedurende het grootste deel van het onderzoek uitgevoerd volgens de internationale ESAS-methodologie (European Seabird At Sea, Camphuysen *et al.* 2004) toegepast voor vliegtuigsurveys (Kahlert *et al.* 2000; Dean *et al.* 2003). De gehanteerde methode heet *Distance sampling*. Het principe van de Distance sampling berust erop dat bij het vastleggen van waarnemingen rekening wordt gehouden met het detectieverlies met toenemende afstand en dat deze vervolgens met Distance analysis statistisch wordt gemodelleerd. Met name in de waarnemingsstrips ver van de waarnemer wordt maar een fractie van de werkelijk aanwezige vogels waargenomen (vooral veroorzaakt door het feit dat de waarnemer er naar streeft om alle vogels in de A- en ook B-strip waar te nemen).

Voor iedere waargenomen groep vogels wordt geregistreerd in welke afstand klasse, dwars op de transectlijn/vliegrichting van het vliegtuig, de desbetreffende groep of deel van de groep zich bevindt (Figuur 5.4). De surveys zijn uitgevoerd met een vliegtuig zonder bolramen. Dit betekent dat de waarnemers niet recht naar beneden konden kijken en er onder het vliegtuig een deel van de zee niet bekeken werd. De begrenzings van de afstandsklassen (Tabel 5.1) zijn tijdens de vlucht gekalibreerd door hoekmetingen met behulp van een clinometer (Figuur 5.5).



Figuur 5.4 Schematische weergave van de waarnemstrips vanuit het vliegtuig (bovenaanzicht). Direct onder het vliegtuig is een gebied dat niet bekeken kan worden. Figuur overgenomen uit Buckland et al. (2001).



Figuur 5.5 Clinometer waarmee hoeken ten opzichte van de horizon kunnen worden bepaald om de waarnemstripbanden af te bakenen. De werking van de clinometer is te vergelijken met die van een waterpas, waarbij de ronde schijf met gradenmarkering onder invloed van de zwaartekracht drijvend in een vloeibaar bad dezelfde horizontale positie blijft vasthouden. Met één oog gericht op een vogel beneden op zee en het andere oog door het kijkgat kan de hoek afgelezen worden waaronder gekeken wordt.

Distance analyses en het berekenen van vogeldagen

Met behulp van zogenaamde *Distance analyses* worden per soort detectiecurves en een effectieve stripbreedte bepaald. Voor een nadere uitleg van deze analyses verwijzen wij naar bijlage 1. Met de uitgerekenende effectieve stripbreedte en transectlengte kan dan een effectief bemonsterd oppervlak worden berekend. De dichtheid wordt berekend door de waargenomen aantallen te delen door dit oppervlak, waarmee vervolgens door een extrapolatie voor het gehele studiegebied of op het niveau van deelgebieden een totale schatting van de populatie van het open zeegebied kan worden gemaakt. De vogels integraal geteld rustend op de platen en geconcentreerd aan de kust kunnen hierbij opgeteld worden om tot een totale populatie aanwezig tijdens de telling te komen.

Tabel 5.1 Begrenzungen, middelpunt en breedte van de verschillende stripbanden op basis van clinometerhoeken op een vlieghoogte van 150 meter.

Strip	clinohoeken	binnengrens (m)	buitengrens (m)	stripbreedte (m)	middelpunt
0	90-65	0	70,0	70	
A	65-55	70,0	105,1	35	88
B	55-40	105,1	178,9	74	142
C	40-25	178,9	322,0	143	250
D	25-10	322,0	856,5	534	589
E	10-4	856,5	2.240,6	1.384	1.549
F	4-0	2.240,6	8.593,5	6.353	5.417

Om het gebiedsgebruik van de Voordelta door sterns te karakteriseren wordt de eenheid vogeldagen gebruikt. Het aantal vogeldagen wordt berekend door het aantal vogels aanwezig in het gebied te vermenigvuldigen met het aantal dagen dat deze vogels aanwezig zijn. Het aantal vogeldagen is een goede ecologische maat om het gebruik uit te drukken, omdat het een product is van aantal en verblijftijd en daarmee een betere relatie met de draagkracht van een gebied heeft dan bijvoorbeeld het maximum aantal vogels aanwezig. Op basis van de beschikbare tellingen zijn per jaar de aantallen vogels vermenigvuldigd met het aantal beschikbare dagen in de genoemde periode.

5.2.3 Gebiedsgebruik en foerageergedrag van sterns

Tijdens de broedseizoenen van 2009 en 2010 is met behulp van radiozenders onderzoek gedaan naar het gebiedsgebruik van broedende visdieven en grote sterns in de Voordelta. De methodiek zoals gebruikt in 2009 en 2010 en de resultaten verkregen door middel van radiozenders worden in bijlage 2 gepresenteerd. In 2011 zijn de eerste testen gedaan om over te schakelen op het gebruik van GPS-loggers. In 2012 en 2013 is deze nieuwe techniek succesvol toegepast. De gegevens verkregen met GPS-loggers leveren dermate meer informatie op dan gegevens van radiozenders dat we ons hier concentreren op het onderzoek met GPS-loggers.

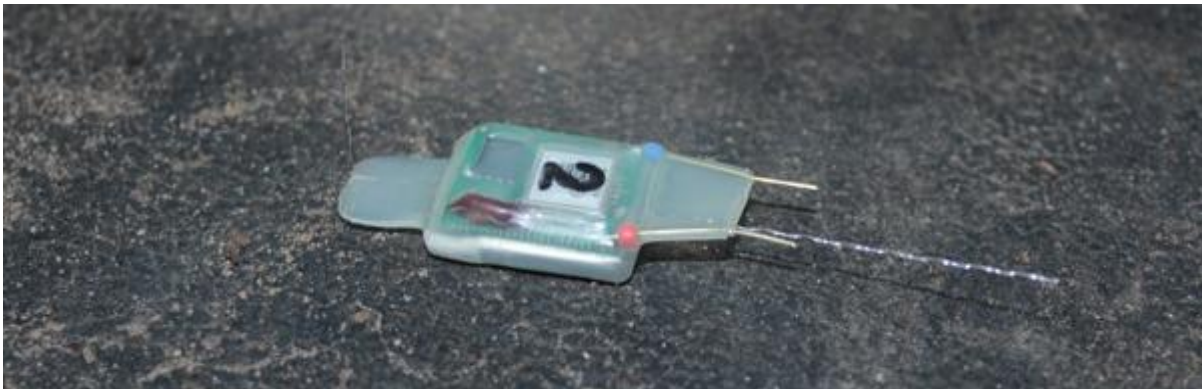
Onderzoek met GPS-loggers in 2012 en 2013

Tijdens het broedseizoen van 2012 en 2013 zijn grote sterns uitgerust met GPS-loggers. Hiermee is het mogelijk om gedetailleerde vliegpaden van individuele grote sterns op te slaan die voedsel voor zichzelf of voor hun kuikens aan het zoeken zijn. Deze loggers nemen op een vast interval een GPS positie op, slaan die op in een intern geheugen, en kunnen deze gegevens naar een ontvanger doorzenden. De loggers slaan tevens de snelheid van de vogel op. Hiermee is het mogelijk om het gedrag van de vogels te interpreteren, waarbij het mogelijk is onderscheid te maken tussen rusten, foerageren en snel vliegen tijdens een

pendelvlucht tussen foerageergebied en kolonie. Ook wordt de hoogte van de logger opgeslagen (minder exact, precieze range onbekend), zodat een idee van de vlieghoogte wordt verkregen. Dit levert aanvullende informatie die van pas komt bij de interpretatie van de positiegegevens (foerageert de vogel langs de rand van de plaat of rust hij daar). Deze dataloggers werden al veelvuldig gebruikt voor grotere vogels (e.g. Steiner *et al.* 2000; Weimerskirch *et al.* 2002; Gremillet *et al.* 2004; Ryan *et al.* 2004; Phalan *et al.* 2007; Weimerskirch *et al.* 2007; Camphuysen 2011; Gyimesi *et al.* 2011), maar zijn nu ook beschikbaar voor vogels ter grootte van een grote stern. In eerder onderzoek zijn vergelijkbare loggers al succesvol gebruikt voor sterns ter grootte van de grote stern (inca stern *Larosterna inca* door Zavalaga *et al.* 2010a; Zavalaga *et al.* 2010b).

In mei en juni 2012 werden 10 adulte kuiken voerende grote sterns uit de kolonie op de Scheelhoek gevangen met behulp van inloopkooien (5 ex. op 23 en 24 mei) en slagnetten (2 ex. op 5 juni en 3 ex. op 11 juni). De vangsten werden in de tijd gespreid om een zo goed mogelijke spreiding tussen vogels van de verschillende broedstadia te krijgen (van zeer jonge tot bijna vlieg vlugge kuikens). In dezelfde periode in 2013 werden zeven adulte vogels gevangen met behulp van slagnetten (2 ex. op 27 mei, 2 ex. op 3 juni, 2 ex. op 10 juni, en 1 ex. op 25 juni). Naast een aluminium ring en een gecodeerde plastic kleurring werden deze vogels alle uitgerust met een Ecotone EP3.8 GPS-logger van 3,8 gram (50 x 15 mm en 8 mm dik, Figuur 5.6). Het gewicht van deze loggers ten opzichte van het lichaamsgewicht van grote sterns ligt ruim binnen de algemeen geaccepteerde gewichtslimiet van 3% (Phillips *et al.* 2003, Vandenabeele *et al.* 2011a) bij grote sterns van gemiddeld 245 gram (~1.8%). Daarnaast werden 3 vogels op 28 mei 2013 uitgerust met eenzelfde logger alleen nu met een zonnepaneel. Hierdoor kan veel langer worden gemeten, echter met een groter interval tussen de fixen.

In 2012 werden zeven van de tien loggers bevestigd met TESA tape (No. 4651; Beiersdorf AG, Hamburg, Germany) op de rug (figuur 5.7) volgens de methode beschreven door Wilson *et al.* (1997). Echter, in de loop van het seizoen bleek dat de sterns de tape te gemakkelijk konden verwijderen, waarbij de eerste vogels zich al binnen enkele dagen van hun logger ontdeden. Op grond van deze ervaringen zijn de vogels vervolgens op een andere manier met loggers uitgerust. De laatste drie aangelegde loggers in 2012 en alle loggers in 2013 werden op de rug van de vogels aangebracht door middel van een harnas van elastische vislijn (Prestion Innovations Slip Elastic, diameter 2,2 mm). De logger werd door de vogels als een rugzakje gedragen waarbij de armen van het harnas zich kruisten op de borst (Figuur 5.8). Hierdoor was het harnas sterk en flexibel, maar het is vanwege de materiaalkeuze onder invloed van zon en zout water niet heel duurzaam, zodat het naar verwachting al na enkele weken zou afvallen als de logger uitgewerkt was. Inmiddels zijn van 13 vogels, die uitgerust waren met een logger, waarnemingen bekend die het afvallen van de logger bevestigen. Grote sterns bleken wel aandacht te besteden aan het harnas maar leken ogenschijnlijk geen last hiervan te hebben zowel zittend alsmede tijdens de vlucht (waarnemingen R. Fijn, M. Poot, W. Courtens & H. Verstraete).



Figuur 5.6 Ecotone EP3.8 GPS-logger met batterij connectoren achterop (gouden pinnetjes) en VHF antennes voor communicatie met het basisstation (metaal draadjes voor en achter) (Foto R. Fijn).

GPS-loggers nemen nauwkeurige plaatsbepalingen en zijn vooraf door de gebruiker in te stellen op verschillende meetintervallen en op tijden dat de loggers actief zijn. Deze instellingen worden via de computer ingeladen als 'scripts'. De interval lengte tussen fixen bepaalt voor het overgrote deel de levensduur van de batterij. Voor de EP3.8 loggers zouden met volle batterijen zo'n 500 GPS fixen kunnen worden opgeslagen. Door het slim kiezen van intervalltijden en meeturen is geprobeerd om optimaal van dit aantal gebruik te maken (Tabel 1 in bijlage 3). Om geen GPS posities te verspillen aan mogelijk afwijkend gedrag net na de vangst werd de starttijd verlegd naar 12 of 24 uur (2012) of naar 48 uur (2013) na het vrijlaten van de vogels. Hierdoor is het mogelijk om de sterns na de vangst even te laten wennen aan de logger om dan na een dag en een nacht te beginnen met het meten van 'ongestoord' gedrag. Naast een GPS module hebben de loggers ook een VHF module waarmee data kunnen worden overgedragen aan een ontvangststation, zodra ze daar in de buurt zijn. Dit ontvangststation stond vanaf het begin van het onderzoek in de kolonie nabij de enclosure.

Automatisch worden dan de verzamelde GPS posities via een antenne verstuurd en opgeslagen in het basisstation (Figuur 5.9). Zodra de logger in de buurt van het ontvangststation is worden ook geen GPS posities meer opgeslagen om batterijcapaciteit te sparen.

In bijlage 4 wordt een gedetailleerde uitwerking gegeven van de prestaties van de GPS-loggers tijdens het onderzoek en potentiële effecten op de vogels.



Figuur 5.7 Tape strips onder veren waarop de GPS-logger gelegd wordt, waarna de strips worden omgevouwen om de logger te bevestigen (inzet) (Foto R. Fijn).



Figuur 5.8 GPS-logger bevestigd met harnas op de rug van een grote stern (Foto R. Fijn).



Figuur 5.9 Basisstation met antenne waarmee zenders automatisch worden uitgelezen en waarin een geheugenkaart zit waarop gegevens worden opgeslagen (Foto R. Fijn).

5.2.4 Tellingen van juveniele sterns op de platen en kleurringonderzoek

Vanuit het vliegtuig is het niet mogelijk om het aantal juveniele sterns dat gebruik maakt van de droogliggende platen nauwkeurig te tellen. Daarvoor zijn tellingen vanaf de grond noodzakelijk. Tellingen vanaf het land (trilling van de lucht) en foto-identificatie vanuit het vliegtuig (beweging) bleken vaak niet goed te werken om het aantal juvenielen op zandplaten te bepalen. Omdat niet alle platen goed te overzien zijn vanaf het land, zijn deze bezocht per Zodiac. Het onderzoek concentreerde zich op de Bollen van de Ooster (Zodiac), Verklikkerplaat (deels vanaf het land, deels per Zodiac), een deel van de Hinderplaat (vanaf de Maasvlakte) en de Kwade Hoek (vanaf het land).

Kleurringen bij juveniele grote sterns om dispersie na het uitvliegen te volgen

Op eigen initiatief is door DPM, INBO en Bureau Waardenburg een extra kleurringactie uitgevoerd in zowel de kolonie van Scheelhoek als van Markenje van juveniele grote sterns (bijna 500 vogels), met toestemming van respectievelijk Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten. Doel is om nadere informatie over het dispersiegedrag te verzamelen, en op de langere termijn informatie te verkrijgen over de vestigingspatronen in verschillende kolonies als adulte broedvogels en informatie over de mortaliteit. Al deze informatie is schaars en is relevant voor toepassing in een verklarend populatiemodel.

Al sinds de jaren zeventig worden in de Delta jonge grote sterns van metalen ringen voorzien. Hoofddoel van dit type onderzoek is om meer te weten te komen over waar deze vogels zich vestigen als broedvogel, in hoeverre deze vogels plaatstrouw zijn, waar ze overwinteren, van welke tussenstopgebieden tijdens de trek van en naar Afrika ze gebruik maken en op de lange termijn wat de overleving is. Een terugmelding van een vogel met een metalen ring vindt meestal plaats doordat een vogel dood gevonden wordt of geschoten. Met kleurringen

wordt de kans om terugmeldingen te krijgen vele malen vergroot, omdat waarnemers met telescopen de ringen kunnen aflezen en vervolgens doorgeven. Bovendien vertellen kleurringterugmeldingen een ander verhaal dan de traditionele metalen ring terugmeldingen. Niet langer zijn terugmeldingen beperkt tot een stippenkaart met slechts één punt per individu, maar worden naar verwachting van individuen meerdere waarnemingen bekend.

De laatste jaren zijn er voor grote sterns goed afleesbare en duurzame kleurringen beschikbaar. De aanleiding om in 2012 deze ringactie op te zetten werd ingegeven door het feit dat door het intensieve onderzoek in het kader van de Natuurcompensatie voor de Tweede Maasvlakte de middelen beschikbaar waren (onderzoekers in het veld, enig extra budget, goed materiaal, beschikbare eigen tijd). Binnen het onderzoekskader Natuurcompensatie voor de Tweede Maasvlakte is het belangrijk dat het gebruik van de zandplaten in de Delta door grote sterns en hun juvenielen beter in kaart wordt gebracht en ook op dit punt kunnen de kleurringen aanvullende informatie verschaffen.

Randvoorwaarden

De kleurringcodering is kortgesloten met de Europese kleurringcoördinator, het programma is aangemeld en op internet aangekondigd met referenties. De terugmeldingen zullen de komende jaren met vereende kracht verzameld worden en waarnemers zullen van informatie worden voorzien over de herkomst van de door hen waargenomen vogels. Pim Wolf is als vertegenwoordiger van Ringgroep Delta het eerste aanspreekpunt, waarbij ook de andere personen hand- en spandiensten zullen verlenen. Iedere melding van een gekleurde grote stern wordt opgeslagen in een speciaal daartoe opgezette database. Het is de bedoeling om bij voldoende terugmeldingen gezamenlijk hierover te publiceren om op die manier de ringaflezers verdere terugkoppeling te verschaffen en de inzichten verkregen uit de terugmeldingen met beheerders en onderzoekers te delen. In bijlage 5 wordt een gedetailleerde beschrijving gegeven van de aanpak en opzet van het kleurringproject.

5.2.5 Gedetailleerd onderzoek broedecologie sterns in kolonies op de Scheelhoek, Markenje, en de Maasvlakte

Grote sterns en visdieven broedend in de Delta, zoals in kolonies in het Haringvliet en de Grevelingen, foerageren voor het grootste deel van de tijd in de Voordelta. Deze vogels worden potentieel beïnvloed door de compensatiemaatregelen getroffen in het kader van de aanleg van Maasvlakte II. Om dit te onderzoeken werd de broedbiologie van deze soorten intensief gevolgd. Enkele parameters zoals legselgrootte, kuikenoverleving en lichaamsconditie van de kuikens, die indicatief kunnen zijn voor de relaties met voedselbeschikbaarheid (e.g. Stienen 2006), werden nauwgezet gemonitord in enclosures. In een aantal andere Deltakolonies werd jaarlijks volstaan met eenmalige metingen van de conditie van kuikens. Daarnaast werd jaarlijks het aantal broedparen in alle Deltakolonies bepaald om eventuele verplaatsingen tussen broedgebieden inzichtelijk te maken. Op deze manier werd informatie verzameld die verschillen met de nulmeting in het gebiedsgebruik van de Voordelta kan uitdrukken in het aantal vogeldagen. Het aantal broedparen in de verschillende Deltakolonies is een eerste belangrijke correctieparameter om het aantal vogeldagen tussen jaren in de Voordelta met elkaar te kunnen vergelijken. Daarnaast is het broedsucces een indirecte parameter voor het gedrag van de ouders op zee. Een goed broedsucces heeft doorgaans een relatie met een goede voedselsituatie en daarmee met efficiënt foerageren van de ouders. Lokale fenomenen als predatie door ratten en roofvogels dienen ook gemonitord te worden om het beeld compleet te maken. Onderstaand protocol voorziet in een programma waarmee gedurende het gehele broedseizoen het reilen en zeilen van de kolonies, zowel ten aanzien van oudervogels als jongen, gevolgd wordt.

Metingen van het broedsucces

In de periode 2009 tot en met 2013 werden in 2 kolonies van grote stern (Scheelhoekeilanden en Markenje) en 5 kolonies van visdief (Scheelhoekeilanden, Markenje, Slijkplaat, Vogelvallei en het Visdiefeiland in de Slufter) onderzoek gedaan naar het broedsucces en de kuikenconditie door middel van enclosures. Hiertoe werd in de onderzochte kolonies een representatief deel van de kolonie (indien mogelijk een gedeelte van de koloniekern en een gedeelte van de rand) ingesloten met behulp van kippengaas zodat de kuikens niet konden weglopen van de nestomgeving. Indien mogelijk werden minstens 25 nesten opgevolgd (grote stern: $n = 30-55$; visdief: $n = 18-58$; Bijlage 13). Dit naar analogie van de methodiek gebruikt in de kolonies in de Duitse Banter See, Griend in de Nederlandse Waddenzee en het Belgische Zeebrugge (Becker et al., 1997; Stienen & Brenninkmeijer, 1999; Vanaverbeke et al., 2007).

De enclosures werden zowel tijdens de ei-fase als tijdens de kuikenfase 3 maal per week bezocht. Tijdens deze bezoeken werd telkens het lot van elk ei bepaald waarbij de categorieën 'bebroed', 'rot of verlaten', 'uit het nest gerold', 'kuiken dood in ei' en 'gepredeerd' werden onderscheiden. Wanneer een ei was gepredeerd werd indien mogelijk de predator bepaald (bruine rat, zwartkopmeeuw, kleine mantelmeeuw etc.).

In de kuikenfase werd tijdens elk bezoek het lot van alle kuikens genoteerd waarbij de categorieën 'aanwezig', 'uitgevlogen' en 'gepredeerd' werden gehanteerd. Alle uitgekomen kuikens in de enclosures werden meteen bij de eerste controle na het uitkomen geringd om ze individueel herkenbaar te maken. Van kuikens die uit de enclosure waren verdwenen werd verondersteld dat ze werden opgegeten door predatoren, tenzij de vleugellengte bij de vorige meting lang genoeg was om te veronderstellen dat het kuiken in de tussenliggende periode zelfstandig kon vliegen. Dode kuikens werden verzameld en de doodsoorzaak werd vastgesteld (verhongering, ziekte etc.).

In het oorspronkelijke plan was voorzien dat voor de grote stern broedsuccesmetingen uitgevoerd zouden worden in de referentiekolonie te Zeebrugge (de kolonie kan beschouwd worden als een kolonie niet-beïnvloed door de natuurcompensatie maar wel met een ligging in dezelfde regio als de Deltakolonies). In zowel 2009 als 2010 bleek deze kolonie niet bezet te zijn en in 2011 was het aantal broedparen beperkt tot 54. Echter, historische gegevens tot en met 2007 voldoen nog steeds als een goede referentie om het succes van de kolonies te duiden. Daarnaast is voor andere kolonies in Nederland (o.a. in de Wadden) nadere informatie over het broedsucces ingewonnen. In de kolonies in de Delta, zowel bij de grote stern als visdief, werd in de periode 2009-2013 jaarlijks het broedsucces vastgelegd. Het welslagen daarvan bleek echter sterk afhankelijk van toestemming van terreinbeheerders en de logistieke mogelijkheden. Van sterns en zeker van grote sterns is bekend dat ze zich een volgend jaar gemakkelijk in een andere kolonie kunnen vestigen. Dat betekent dat potentieel geschikte broedgebieden niet elk jaar bezet hoeven te zijn.

De terreinbeherende instanties Natuurmonumenten (van de Scheelhoek in het Haringvliet) en Staatsbosbeheer (de Slijkplaat in het Haringvliet en Markenje in de Grevelingen) gaven toestemming voor onderzoek na het doorlopen van een Natuurbeschermingswetprocedure in 2009 bij de Provincie Zuid-Holland. Na de ervaringen met het onderzoek in 2009 waarbij terugkoppeling plaatsvond, werd jaarlijks de toestemming verlengd en is in 2010 het onderzoek uitgebreid naar twee andere kolonies in het Deltagebied (Slufterbak en Vogelvallei op de Maasvlakte, waarvoor toestemming werd gekregen van het Havenbedrijf Rotterdam).

Metingen van de kuikenconditie

Bij sterns vormt de relatie tussen de kopsnavellengte en het gewicht een betrouwbare maat voor de conditie van de kuikens. In tijden van slechte voedselomstandigheden investeren kuikens van sterns de meeste energie in structurele groei (botten) en blijft de groei van spierweefsels (massa) achter (Stienen & Brenninkmeijer 2002b). Kuikens in slechte conditie zijn dus herkenbaar aan een relatief grote kop in verhouding tot hun gewicht. Deze verhouding vormt een maat voor de lichaamsconditie van kuikens die onafhankelijk is van hun leeftijd. Alleen bij zeer jonge kuikens (< 3 dagen) is de verhouding kopsnavellengte-gewicht niet bruikbaar als maat voor de conditie omdat ze dan nog teren op de vetreserves uit de dooierzak. Tabel B-14-1 in Bijlage 14 geeft voor elk jaar en elke kolonie waar enclosures werden opgericht het aantal metingen van kuikencondities voor grote stern en visdief.

Bij visdief werd het gemiddelde gewicht van de historische metingen (n=12.795) van random monsters uit het gehele Deltagebied (periode 1991 + 1998-2009) als referentie genomen om de conditie uit te rekenen, bij grote stern zijn de referentiegegevens afkomstig van de kolonie te Zeebrugge uit de periode (1997-2008), dit bij gebrek aan voldoende referentiegegevens uit het Deltagebied bij de start van het onderzoek. Metingen van de kopsnavellengte werden afgerond naar hele millimeters. Vervolgens werd per kopsnavel-lengteklasse het gemiddelde gewicht als referentie (BM_{expect}) gehanteerd.

Voor alle kuikengewichten werd de conditie-index (CI in %) als volgt berekend, waarbij BM het gemeten lichaamsgewicht is:

$$CI = 100 \times \frac{BM - BM_{expect}}{BM} \quad \text{Vergelijking 1}$$

In een aantal kolonies in het Deltagebied en in Zeebrugge werden tijdens gerichte acties (die gecombineerd kunnen worden met het reguliere ringwerk aldaar) tenminste 50 kuikens gemeten en gewogen. Per kolonie werd een conditie-index berekend; een procentuele afwijking van een gemiddelde kop : gewicht verhouding. De gemiddelde conditie-index kan statistisch worden vergeleken tussen de kolonies en worden gerelateerd aan fenomenen die in de Voordelta spelen zoals de effecten van de compensatiemaatregelen.

Metingen van de adulte conditie

Het gewicht van adulte sterns die op het nest werden gevangen in de derde en vierde week van mei en de eerste week van juni werd als maat voor de adulte conditie genomen. De vogels werden gevangen met inlooppkooien die over het nest werden geplaatst. In 2013 werd ook een aantal vogels gevangen met behulp van een klapnet. Van de gevangen adulten werd het gewicht (g), snavellengte (0,1 mm), kopsnavellengte (mm), gonyshoogte (0,1 mm), tarsuslengte (0,1 mm) en vleugellengte (mm) bepaald. Tabel B-14-1 in Bijlage 14 geeft voor elk jaar en elke kolonie het aantal metingen van adulte conditie voor grote stern en visdief.

Vaststellen van predatie bij sternkuikens

Om na te gaan of predatie een invloed heeft op het broedsucces en/of er een verband is tussen de predatiekans en de conditie van sternkuikens werd de conditie van de kuikens gerelateerd aan het uiteindelijke lot van de kuikens. Zowel voor grote stern als voor visdief werden voor alle jaren en alle onderzochte kolonies alle kuikens uit de enclosure waarvan het lot bekend was (dood gevonden, gepredeerd of vlieg vlug geworden) geselecteerd voor de analyse. Deze metingen werden per jaar (en in het geval van visdief per kolonie) gemiddeld voor de drie onderzochte categorieën.

Kolonieonderzoek regionaal: totaal aantal broedparen en globale broedsuccesmetingen

In alle kolonies in het Deltagebied alsook in Zeebrugge wordt jaarlijks het aantal broedparen bepaald (RWS Waterdienst, terreinbeheerders). In een aantal kolonies wordt tevens het globale broedsucces bepaald door van afstand met een telescoop het aantal (bijna) vlieg vlugge kuikens te tellen of door een kort bezoek aan de kolonie rond het uitvliegen van de kuikens. De zo verkregen verhouding N broedparen/N kuikens is een globale maat voor het broedsucces dat kan worden vergeleken met historische data van Rijkswaterstaat en ook tussen kolonies onderling.

5.2.6 Voedseleecologie van sterns in kolonies op de Scheelhoek, Markenje, en de Maasvlakte

Bij voedselspecialisten zoals sterns zijn veranderingen in de dieetsamenstelling, het foerageergedrag of de foerageerduur indicatief voor veranderingen in de voedselbeschikbaarheid in het foerageergebied (o.a. Stienen 2006). De onderzoeksopzet beoogt om seizoensgebonden en jaarlijkse veranderingen in de samenstelling van het voedsel van zowel oudervogels als kuikens te meten, evenals de effecten daarvan op de groei en overleving van de kuikens en het foerageergedrag van oudervogels. Het dieet van sterns en het foerageergedrag van de oudervogels in het 'beïnvloede gebied' (waar de natuurcompensatie plaatsvindt) worden telkens vergeleken met het dieet en gedrag in referentiekolonies (o.a. Zeebrugge).

Bepalen van het kuikendieet: samenstellingen foerageerduur

Net voor het uitkomen van de kuikens werd op enkele meters afstand van de enclosures een vaste schuilhut geplaatst. Van hieruit werd vanaf het uitkomen van de eieren tot het uitvliegen van de kuikens 2 tot 5 keer per week de aanvoer van voedsel gemeten. Voor grote stern werden sessies van minstens 8 uur gedaan, dit gezien de tijdsparre tussen het vertrek van een adult en de terugkeer al snel een paar uur bedraagt. Protocollen van visdief waren meestal korter omwille van de vrij korte foerageerduur (meestal enkele minuten tot een uur). Tabel B-14.2 in Bijlage 14 geeft voor grote stern en visdief de waarneeminspanning en het aantal waargenomen prooien weer voor alle onderzochte kolonies en alle jaren.

Bij sterns brengen de oudervogels het voedsel (over het algemeen vis en kreeftachtigen) aan in de snavel waardoor de soort en de grootte van de prooien vanuit de schuilhut met het blote oog of met behulp van een verrekijker kunnen worden bepaald. Om de prooilengte te schatten wordt de snavel van de oudervogel als referentie gebruikt. Bij grote stern komt één snavelengte (SL) overeen met 54,3 mm, bij Visdief is dat 36,2 mm. De prooilengte wordt tot op 0,25 SL nauwkeurig geschat.

In de enclosure werden telkens een 20-tal kuikens per protocol gevolgd. Deze werden hiertoe individueel gemerkt met verfstof (Stienen & Brenninkmeijer, 2002). Om de foerageerduur te meten dienen individueel herkenbare oudervogels te worden gevolgd. Omdat adulte sterns vrijwel identiek aan elkaar zijn, werd telkens net voor het uitkomen van de kuikens een aantal adulten individueel gemerkt met picrinezuur of zilvernitraat. Andere koppels konden soms worden onderscheiden op basis van aan- en afwezigheid van metaalringen of het koppatroon (vooral bij grote stern). Van deze individueel herkenbare vogels en hun partners kon exact worden bepaald op welk tijdstip ze de kolonie verlieten en wanneer ze terugkeerden met een prooi. De duur van de foerageertrip kon vervolgens worden gerelateerd aan de prooilengte en prooi-soort. De relatie tussen foerageerduur en prooilengte kan vervolgens statistisch worden vergeleken voor de onderzochte kolonies in de Delta en voor de grote stern ook met Zeebrugge. De foerageerduurmetingen gebeurden gelijktijdig met de voedselprotocollen.

Omdat op Markenje geen toestemming werd verkregen van de terreinbeheerder om een schuilhut te plaatsen, werden om toch een beeld te krijgen van het kuikendieet voedselprotocollen gemaakt vanaf twee plaatsen op de dijk. Hierbij werden de beide belangrijke aanvliegroutes van vogels met voedsel (één over de Brouwersdam, de andere over Ouddorp) gevolgd. Tijdens deze protocollen werden in periodes van telkens een half uur alle aangevoerde prooien gedetermineerd en geteld (zandspiering, haringachtigen en andere vis). Ook werd van zo veel mogelijk vissen de lengte geschat (aantal keer snavelengte, tot op 0,25 SL nauwkeurig).

Als gevolg van de ingeperkte methodiek op Markenje kan er weliswaar iets worden gezegd over de aangevoerde soorten en hun lengte naar het geheel van de kolonie, maar kunnen deze niet gerelateerd worden aan individuele kuikens of de kuikens binnen de enclosure. Hierdoor kan in het beste geval slechts een benadering worden gegeven van de foerageerduur en de aanvoerfrequentie op Markenje.

Bepalen van het adult dieet: samenstelling

Tijdens het broeden defaeceren grote sterns net naast het nest waardoor na verloop van tijd een laag opgehoopte uitwerpselen ontstaat. In deze uitwerpselen zitten resten van het dieet van de adulte vogels. Net voor het uitkomen van de eieren (meestal in de derde of vierde week van mei) werden de uitwerpselen rond een 20-tal nesten verzameld en ingevroren.

De uitwerpselen werden in het laboratorium gespoeld met een NaOH-oplossing om het urinezuur te verwijderen en werden vervolgens onder een microscoop onderzocht. Alle harde voedselresten werden uitgeselecteerd en tot een zo hoog mogelijk taxonomisch niveau gedetermineerd. Tabel B-14.3 in Bijlage 14 geeft een overzicht van de aantallen teruggevonden voedselresten. De meest voorkomende bruikbare voedselresten zijn otolieten (gehoorbeentjes) van vissen. Deze zijn soortspecifiek, bovendien kan aan de hand van de lengte of breedte van de otolieten de lengte van de vis waaruit ze afkomstig zijn worden berekend. Hiertoe werden alle otolieten gefotografeerd en opgemeten onder de microscoop. Van de gemeten otolieten werd de lengte van de vis waarvan ze afkomstig zijn bepaald via soortspecifieke rekenformules. De gebruikte formules werden afgeleid aan de hand van otolieten die uit vissen waarvan de lengte is gekend werden gesneden (gegevens INBO). De gebruikte formule voor haring *Clupea harengus* is $TL = 1.6945 * e^{1.5164 * OB}$, voor Sprot *Sprattus sprattus* $TL = 1.6346 * e^{1.7352 * OB}$ en voor ongedetermineerde haringachtigen (meestal otolieten die te klein zijn om op soortniveau te herkennen) $TL = 1.5864 * e^{1.6733 * OB}$. Hierin is TL de totale vislengte in mm en OB de breedte van de otoliet in mm. Voor zandspiering was de gebruikte formule $TL = 1.134 + 5.111 * OL$. Hierin is OL de lengte van de otoliet in mm.

Verder werden ook kaken van *Nereis* spp. (waarschijnlijk voornamelijk *Nereis virens*) veelvuldig teruggevonden. Ook beenresten indicatief voor bepaalde soorten (b.v. zeenaalden), kaken van inktvissen en resten van kreeftachtigen en insecten werden verzameld.

Deze gegevens laten toe volgende zaken te bepalen:

- **Dieetsamenstelling:** de procentuele samenstelling van dieet van adulte grote sterns
- **Lengte van de prooien:** de lengtefrequentieverdeling per prooi-soort in mm

In 2013 werd gestart met een proefproject waarbij stenen schalen tussen de nesten werden gezet die elke 2 à 3 dagen (Scheelhoek) of wekelijks (Markenje) werden gelegd. Op deze

manier kan de samenstelling van het adulte dieet in de tijd worden opgevolgd. Deze gegevens zijn vooralsnog slechts in beperkte mate verwerkt.

In tegenstelling tot grote sterns defaeceren visdieven niet in de onmiddellijke omgeving van het nest. In 2009 werd een proefproject uitgevoerd waarbij individuele faeces van adulte vogels van het slik werden geschraapt. In de daarop volgende jaren werd telkens één of meerdere keren een sample verzameld. Ook deze monsters wachten nog op verwerking.

Bepalen van de energetische samenstelling van het dieet van grote stern

Op basis van de vanuit de schuilhut waargenomen prooivissen en hun respectievelijke lengtes, en de vislengtes berekend uit de uitgeselecteerde resten in de adulte faeces, kan de energetische samenstelling van respectievelijk het kuikendieet en het adulte dieet worden bepaald. Immers, procentuele soortensamenstelling zegt niets over de bijdrage van de verschillende prooi-soorten aan het energie-budget.

De energie-inhoud van de verschillende vissoorten werd bepaald aan de hand van de formules in Stienen & Brenninkmeijer (2002). De gebruikte formule voor haringachtigen is $E = 0,03571 \cdot L^{2,996}$ en voor zandspieringen $E = 0,01499 \cdot L^{2,982}$. Hierin is E de energie-inhoud in kJ en L de vislengte in cm. Andere vissoorten hebben een lagere energie-inhoud, hiervoor werd de formule voor zandspieringachtigen toegepast waarna de waarde door 2 werd gedeeld.

De omrekening van de lengte van Nereis-tanden (waarschijnlijk hoofdzakelijk *Nereis virens*) naar wormlengte is momenteel nog niet gebeurd omdat er nog geen goede omrekeningsformule bestaat en omdat de soort nog niet kon worden vastgesteld aan de hand van de kaken. Ondertussen werd wel een eerste inschatting gemaakt van het energiebudget dat (adulte) grote sterns uit Nereis halen op basis van literatuurgegevens. De omrekening van lengte naar ash-free dry weight (AFDW) en naar kJ/g AFDW werd gedaan op basis van Kirstensen (1984) volgens de formule:

$$\text{AFDW (mg)} = 0.668 \times (\text{Lengte (cm)})^{2.307} / 1,35$$

Als energie-inhoud van *N. virens* werd de waarde in Kay & Brafield (1973) van 22,5 kJ/g AFDW genomen. Deze komt overeen met de gemiddelde waarde voor Annelidae (22,3 kJ/g) in Beukema (1997) en met de gemiddelde waarde voor Polychaeta (23,3 kJ/g) in Brey et al. (1988). Gezien de lengte van in het dieet gevonden Nereidae nog niet werd bepaald, werd de gemiddelde energie-inhoud voor wormen van 15 tot 25 cm lengte gebruikt (7,83 kJ).

5.2.7 Aanvullend onderzoek voedsel-ecologie – pelagische visbemonsteringen

Achtergrond

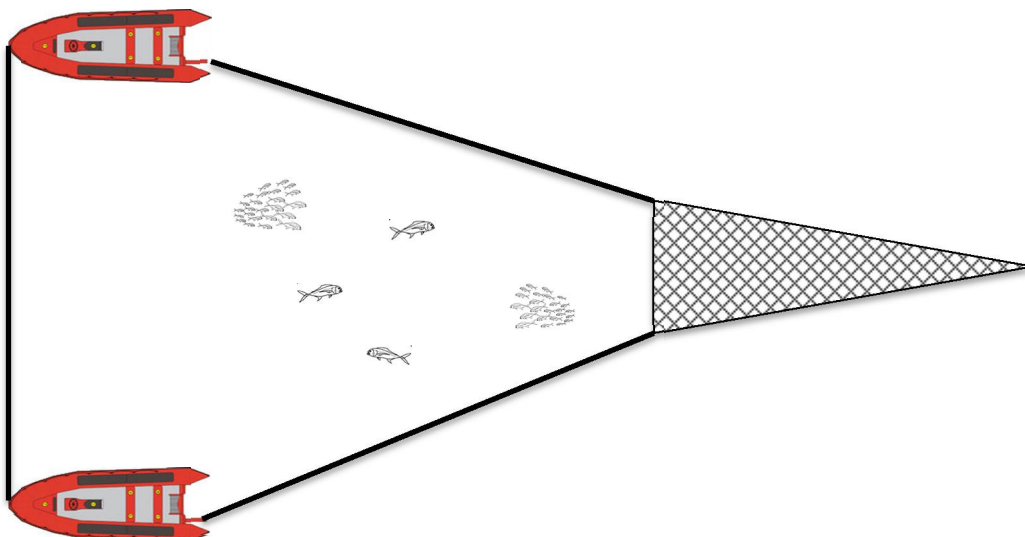
Om meer te weten te komen over welke soorten vis en van welke lengteklassen grote sterns en visdieven binnen de begrenzings van het Natura 2000-gebied vangen en wat er beschikbaar is in de bovenste waterlaag, is er aanvullend op het reguliere monitoringsprogramma van het Perceel vis een extra onderzoeksmodule ontwikkeld. De abundantie van de pelagische vissoorten haring en sprat is van grote invloed op zowel het broedsucces van grote sterns als van visdieven in de Waddenzee (Stienen et al. 2009, Dänhardt & Becker 2011). Ook in de Voordelta wordt het broedsucces van sterns voor een belangrijk deel bepaald door de beschikbaarheid van geschikt voedsel voor de kuikens (deze studie). Met de aanvullende onderzoeksmodule wordt het aanbod van relevante prooi-soorten voor sterns in de Voordelta inzichtelijk gemaakt, wat een nadere onderbouwing kan geven van relaties tussen het reilen en zeilen van de sterns in de broedkolonies met de veronderstelde ecologische veranderingen in het bodembeschermingsgebied.

Specifieke bemonsteringsmethode pelagische prooivissen sterns

De bemonstering heeft plaats gevonden in dat deel van de waterkolom waarin ook de sterns foerageren. Daarbij moet de bemonstering onder andere ook plaatsvinden in ondiep water, bijvoorbeeld rondom zandplaten in de Voordelta. Tevens moet de methode geschikt zijn om zowel random te bemonsteren als gericht onder actief foeragerende sterns. Tenslotte is het van belang dat wordt bemonsterd in de voor sterns meest relevante en kritische periode, in de vroege zomer, ten tijde van het opgroeien van de jongen.

Om te kunnen monstern in ondiep water, is een wonderkuil aangepast met drijvers die het net aan de oppervlakte houden wanneer het wordt voortgetrokken door twee kleine boten (voor schematische weergave zie Figuur 5.10 en voor een impressie Figuur 5.11).

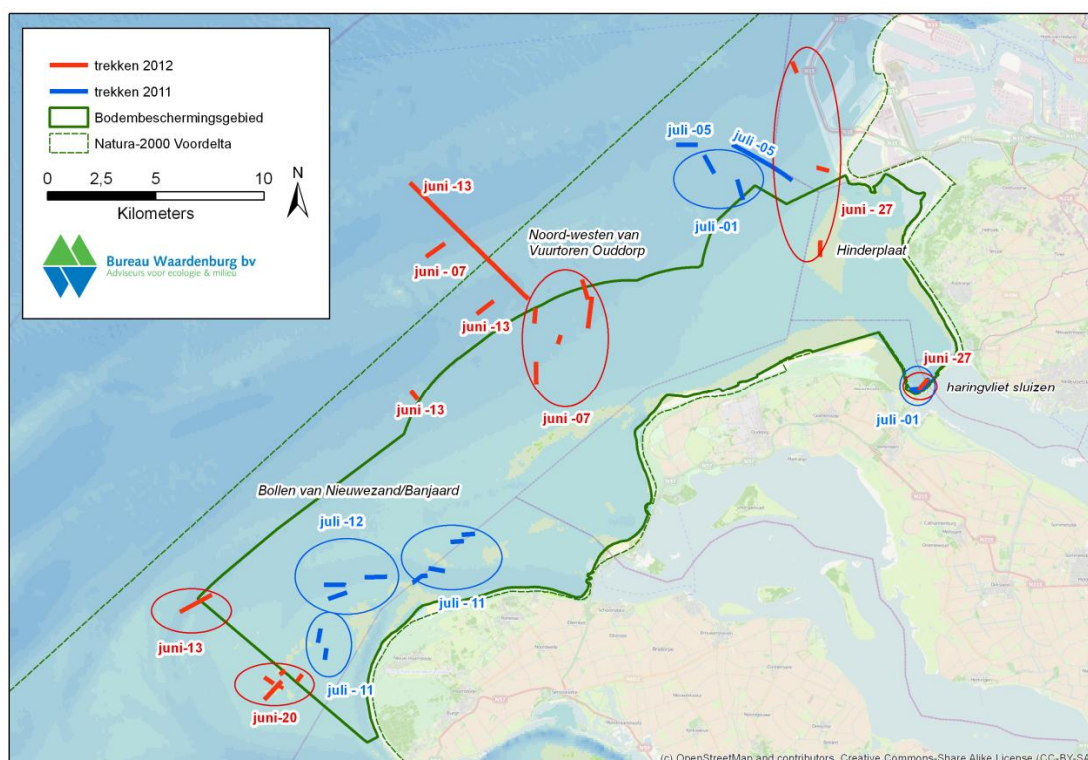
Met het aangepaste net kan in de bovenste anderhalve meter van de waterkolom worden gevisht. Bij het onderzoek is gebruik gemaakt van twee zodiac's, één met een vermogen van 150 pk, de andere met een vermogen van 50 pk. De zodiac met 150 pk vermogen zorgt voor de feitelijke trekkracht, de tweede zodiac zorgt er voor dat het net goed open blijft. De wonderkuil is middels twee lange treklijnen bevestigd aan de zodiacs. Het voordeel van werken met zodiac's is dat ze een zeer geringe diepgang hebben en dat ze wendbaar zijn. De aangepaste wonderkuil heeft een netbreedte van 4 meter. De maaswijdte achter in de zak is 14 mm. Er is geprobeerd om tijdens de bemonstering de vaarsnelheid constant te houden, op ongeveer 4 km/h. In 2012 is de vaarsnelheid iets verhoogd naar ongeveer 7 km/h. Dit zijn snelheden waarbij enerzijds vis nog goed is te vangen, maar waarbij voorwaartse stuwing van water (door het fijnmazige net) wordt voorkomen. Indien voorwaartse stuwing optreedt wordt vis feitelijk voor het net uit geduwd.



Figuur 5.10 Schematische weergave van de pelagische visbemonstering.



Figuur 5.11 Pelagische visbemonstering in uitvoering.



Figuur 5.12 De locaties van gerichte vangsten met de wonderkuil onder foeragerende sterns in 2011 en 2012.

Periode en studiegebied

De bemonsteringen zijn in 2011 op 1, 5, 11 en 12 juli uitgevoerd. Er was geen mogelijkheid de bemonstering eerder uit te voeren. Vervolgens waren er begin juli 2011 ook regelmatig dagen met teveel wind, waardoor de bemonstering is gespreid over bijna twee weken. In 2012 is het wel gelukt om in de kuikenperiode van met name grote sterns de bemonsteringen uit te voeren, op respectievelijk 7, 13, 20 en 27 juni (Figuur 5.12). De vangstlocaties werden bepaald op basis van waarnemingen vanuit het vliegtuig en op basis van gegevens die werden verzameld met GPS-loggers op sterns. Het ging hierbij om de ondiepe stukken binnen het bodembeschermingsgebied. Op kleinere schaal werd in het veld gezocht naar foeragerende sterns om daar te gaan vissen. Zoals in eerdere rapportages is geschreven bleek het vissen in andere gebieden dan waar sterns foerageerden niet succesvol.

Databewerkingen en analyses

Van kleine vangsten werden alle vissen in potten meegenomen naar het lab. Bij grote vangsten werd een steekproef genomen en eveneens in potten meegenomen. In het lab zijn de vissen op soort gebracht en tot op de millimeter nauwkeurig gemeten. In dit rapport worden de lengte-frequentie gegevens van gevangen vissen vergeleken met de grootteselectie zoals die gevonden is voor adulte grote sterns (via otolieten teruggevonden in de faeces) en voor juveniele opgroeiende sterns in de kolonie op basis van de aangedragen vis.

5.3 RESULTATEN

Hierna wordt in verschillende subparagrafen de verkregen basisinformatie van de verschillende onderzoekmodules gepresenteerd. Bij iedere subparagraaf wordt aangegeven aan welke hypothese de informatie bijdraagt.

5.3.1 Broedparen en broedsucces van sterns in de gehele Delta

5.3.1.1 *Relatie met de onderzoekshypothesen*

Het aantal broedparen en broedsucces van grote stern en visdief in de gehele Delta is basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

Hypothese 1: Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van Maasvlakte2, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

Hypothese 4: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatinvloeden.

Hypothese 7: Er is geen relatie tussen de voedselsituatie lokaal of elders en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta

Hypothese 8: Er is geen relatie tussen de veranderingen in de populatiedynamica van de grote sterns/visdieven elders in hun leefgebied en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta.

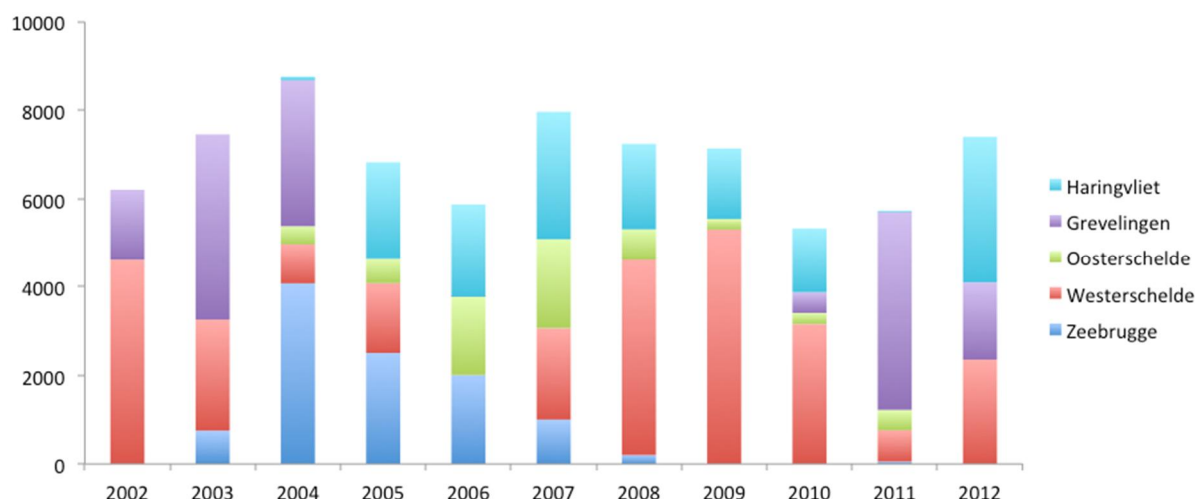
Op basis van ecologische kennis ten aanzien van sterns kan worden aangenomen dat het overgrote deel van de grote sterns en visdieven van kolonies dicht aan de kust in de Delta de Voordelta gebruikt als foerageergebied. Ook bij aankomst na de voorjaarsstrek en na het uitvliegen van de jongen maken veel lokale vogels uit de Delta gebruik van de Voordelta. In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de broedpopulatie en broedsucces van grote sterns en visdieven in de Delta vanaf 2002 tot heden. Dit is van belang omdat aangenomen mag worden dat het aantal vogels dat gebruik maakt van de Voordelta sterk gecorreleerd zal zijn met het aantal broedparen en het broedsucces van de kolonies.

De ontwikkelingen in het Nederlandse Deltagebied kunnen ook niet los worden gezien van de ontwikkeling van de gehele Nederlandse populatie van grote sterns en visdieven. In bijlage 6 wordt ingegaan op de (historische) trend in de Nederlandse populatie en de instandhoudingsdoelen zoals die geformuleerd zijn in het kader van de Natuurbeschermingswet. Dit laatste is van belang omdat de compensatiemaatregelen voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte hiermee een relatie hebben.

5.3.1.2 *Grote stern*

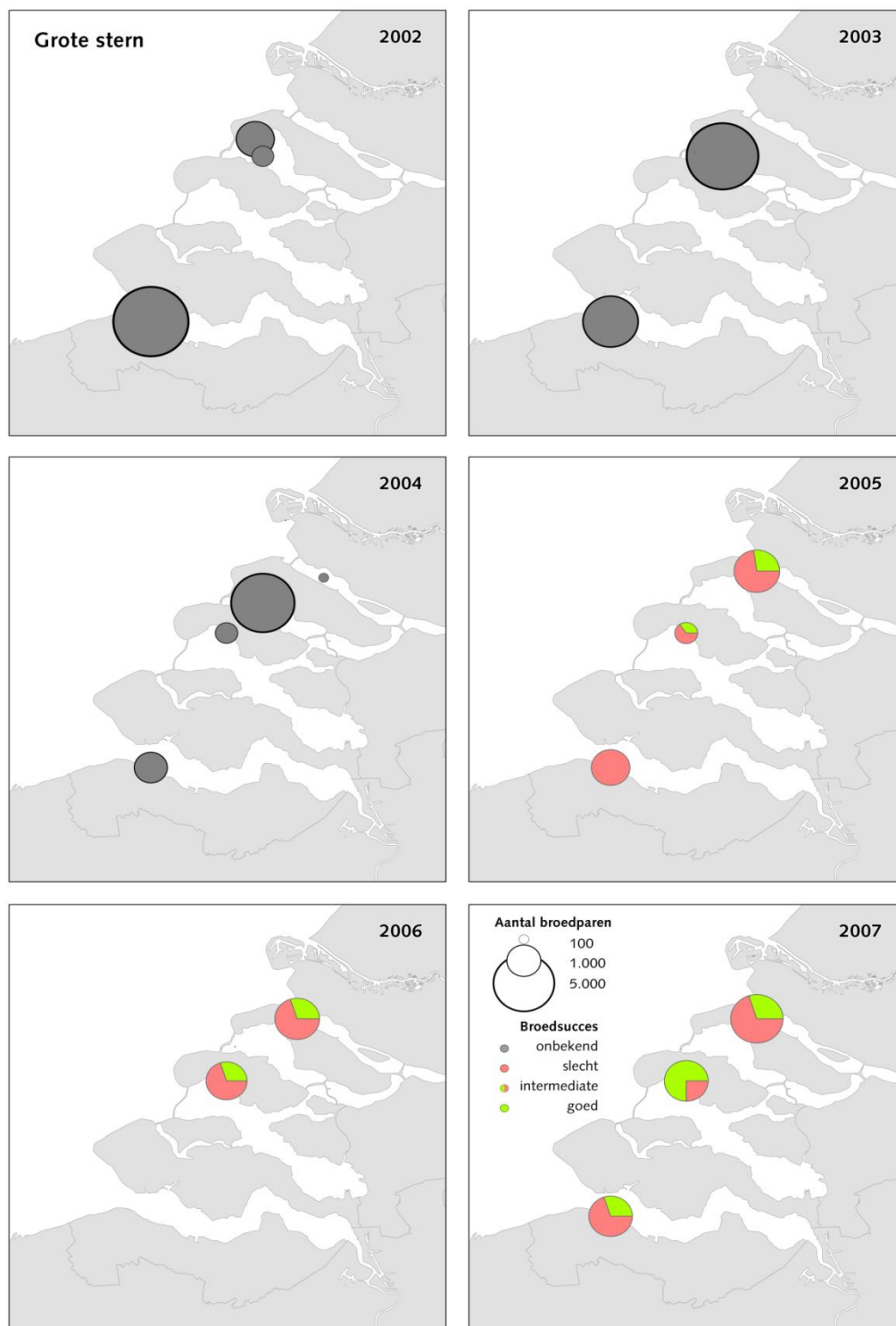
De broedpopulatie van de grote stern in het Deltagebied was eind jaren zeventig en begin jaren tachtig met ca. 4.000 paren lange tijd stabiel. Aan het eind van de jaren tachtig ontstonden nieuwe kolonies op de Hooge Platen in de Westerschelde en nabij Zeebrugge in België. Vooral de kolonie in Zeebrugge groeide snel, deels door immigratie vanuit het Nederlandse Deltagebied, waar het aantal broedparen afnam tot 2.500 paren in 1991 (Meininger *et al.* 2000). De broedaantallen in de Delta bleven vervolgens enkele jaren op een vrij laag niveau, maar vanaf 1993 volgde een periode van herstel en groei (Meininger *et al.* 2000). In de jaren negentig en het begin van de 21^e eeuw was het voorkomen in het Nederlandse Deltagebied (vrijwel) beperkt tot twee grote kolonies: de Hompelvoet in het

westelijke deel van de Grevelingen en de Hooge Platen in de monding van de Westerschelde (Strucker *et al.* 2008). In de periode 1999-2003 bleef het aantal broedparen van de grote stern in het Deltagebied weer redelijk stabiel (ca. 6.000 paren) (Strucker *et al.* 2008, 2013). In 2004 brak een nieuwe, meer dynamische periode aan en tussen 2004 en 2012 volgden perioden met hoge aantallen en jaren met lage aantallen elkaar in snel tempo op (Figuur 5.13 en Figuur 5.14). Grote sterns vestigden zich in 2004 voor het eerst sinds decennia weer in kolonies aan het Haringvliet en de Oosterschelde en verlieten in 2005 en masse de Grevelingen. In de periode 2005-2010 wisselden Haringvliet, Oosterschelde en Westerschelde elkaar af als watersysteem met de belangrijkste kolonie. Nadat in 2010 de eerste honderden paren in de Grevelingen terugkeerden (465 paren op Markenje) was de Grevelingen in 2011 met ruim 4.400 paren voor het eerst sinds 2003 weer het belangrijkste broedgebied in het Deltagebied (figuur 5.12). Ook de totale aantallen broedvogels fluctueerden sterk, zoals bijvoorbeeld een opvallende toename tot 7.130 paren in 2009 volgend op de sterke afname in de jaren 2004-2006 (ca. 3.900 paren in 2006). In 2010 en 2011 waren de aantallen weer lager.

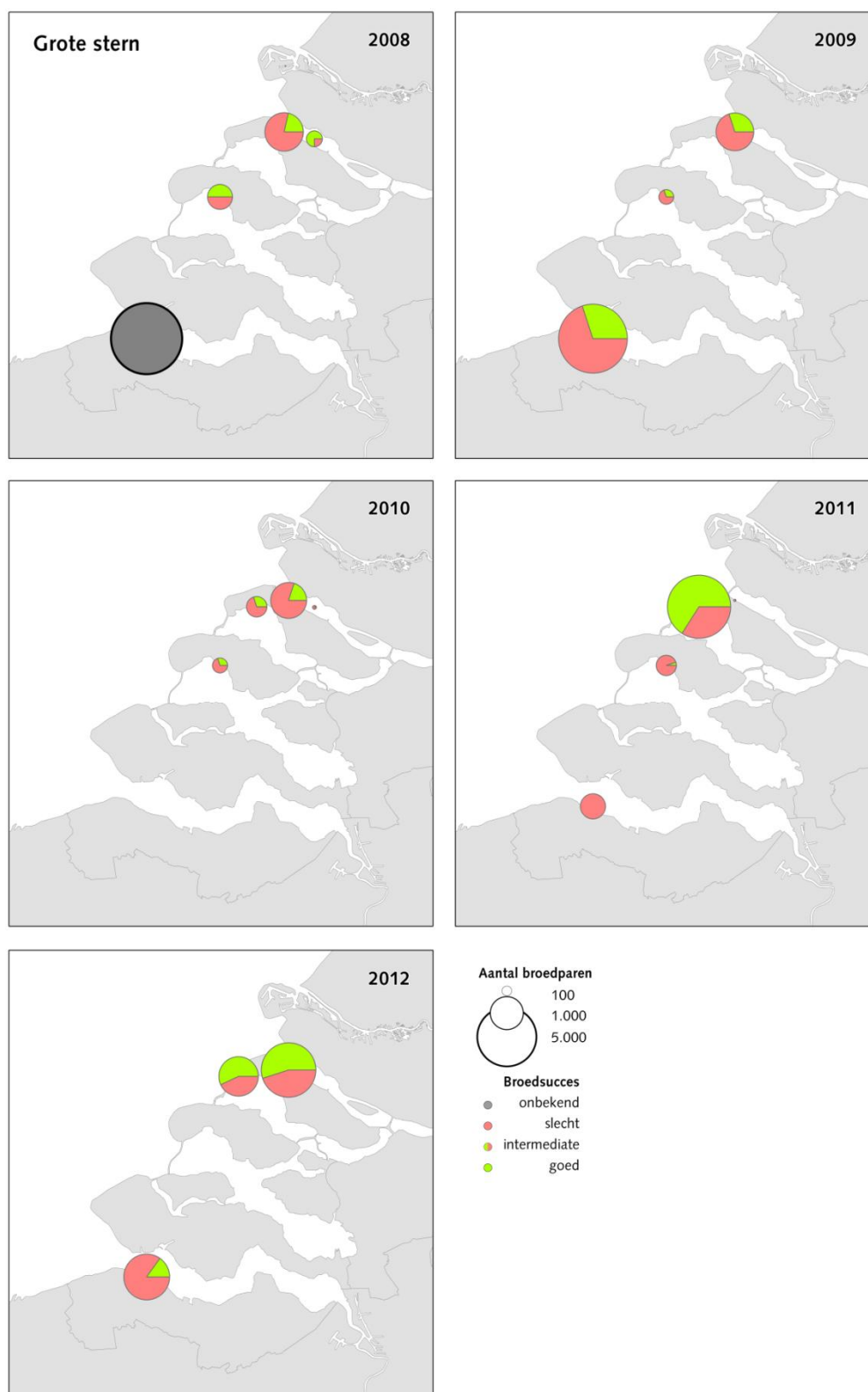


Figuur 5.13 Het totaal aantal broedparen van de grote stern per waterbekken in het Deltagebied en in Zeebrugge in de periode 2002-2012.

In vergelijking tot andere kolonies in Nederland doen de kolonies grote sterns in de Delta het middelmatig als we kijken naar het broedsucces (uitgedrukt als aantal vlieg vlugge jongen per broedpaar) maar sterke verschillen tussen kolonies en jaren treden op (figuur 5.14). In sommige jaren en sommige kolonies is het broedsucces uitermate slecht (bijvoorbeeld op de Hooge Platen in 2005 en 2011), maar soms ook uitzonderlijk goed (bijvoorbeeld de kolonies in de noordelijke Delta in 2011 en 2012) (figuur 5.14).



Figuur 5.14a Het aantal broedparen van de grote stern per kolonie in het Deltagebied met een semi-kwantitatieve indicatie van het broedsucces in de periode 2002-2007. Hoe groener de bol, hoe beter het broedsucces was (zie tekst voor nadere uitleg).

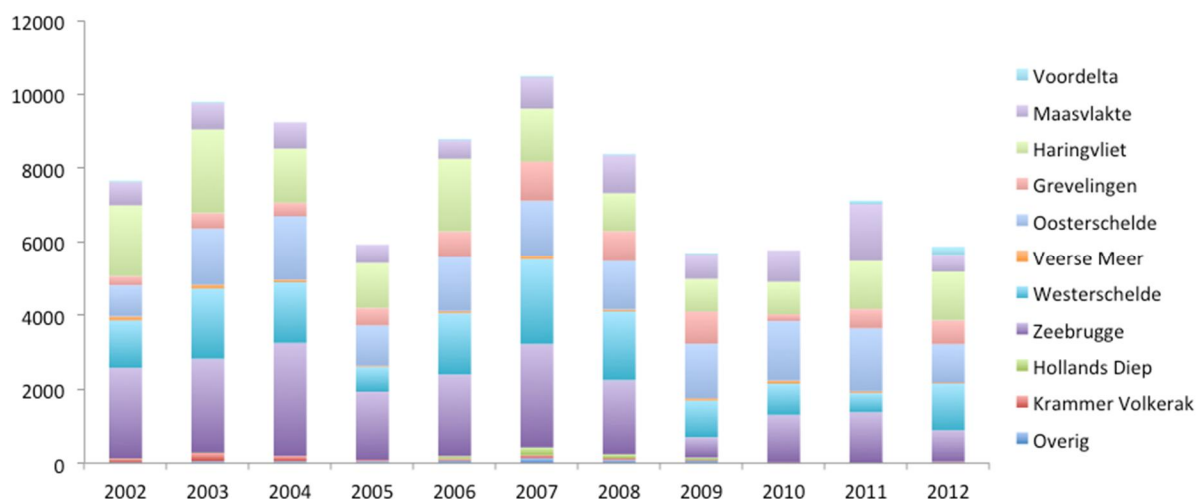


Figuur 5.14b Het aantal broedparen van de grote stern per kolonie in het Deltagebiet met een semi-kwantitatieve indicatie van het broedsucces in de periode 2008-2012. Hoe groener de bol, hoe beter het broedsucces was (zie tekst voor nadere uitleg).

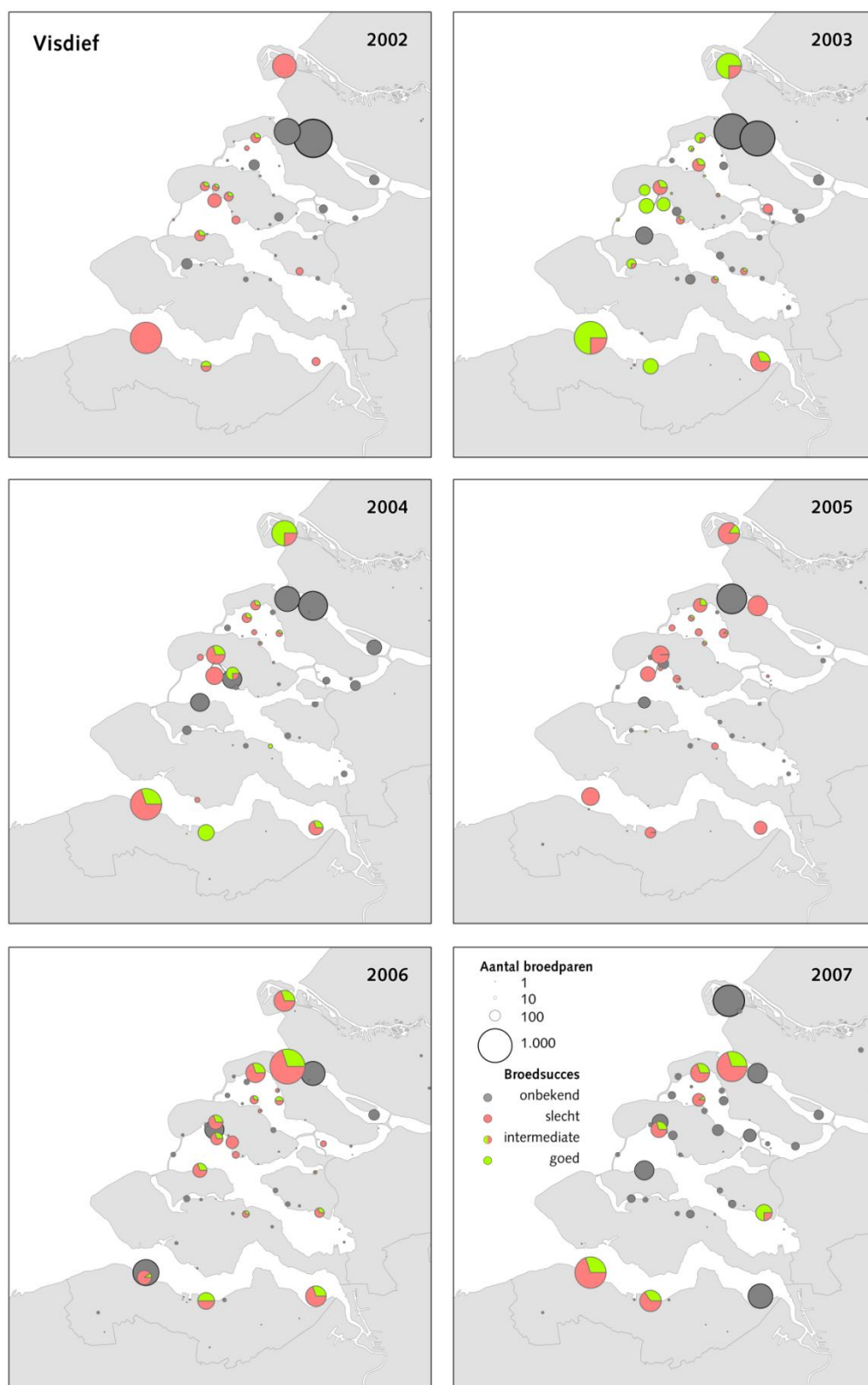
5.3.1.3 Visdief

Na een zeer diep dal in de jaren '60 van de vorige eeuw (van 25.000 paar rond 1930 in de Delta tot maar enkele honderden paren rond 1965) krabbelden de aantallen visdieven op tot een niveau van bijna 6.000 paren begin jaren '90, waarna de groei afvlakte (Stienen & Brenninkmeijer 1992). In die periode ontstond er echter op korte afstand van het Deltagebied een grote kolonie in Zeebrugge (Vlaanderen). Uit ringonderzoek is gebleken dat visdieven uit de Delta zich vestigden in Zeebrugge en vice versa (Vanaverbeke *et al.* 2007). In 2007 werd een voorlopig Delta-maximum van ruim 7.500 paren bereikt. De jaren daarna is het aantal echter weer gedaald tot onder de 5.000 paren in 2011 (Figuur 5.15, Figuur 5.16). In het Deltagebied zijn uit de jaren '80 in totaal zo'n 20-30 kolonies bekend, in de jaren '90 zijn dit er circa 40 en in de periode 2000-2010 rond de 50 (Meininger *et al.* 2000, Strucker *et al.* 2013). Ook de gemiddelde koloniegrootte is in deze periode toegenomen (Strucker *et al.* 2013). Pas halverwege de jaren '80 kwamen kolonies van 400 paren of meer voor, vanaf 1991 zijn er regelmatig kolonies met meer dan 1.000 paren, maar in 2009-2011 is dit niet meer het geval. In de periode 1979-2008 wordt ongeveer de helft van de broedpopulatie gevormd door kolonies van 400 paren of meer. De jaren erna bevindt zich nog maar een kwart van de populatie in de kolonies van deze grootte en broeden de visdieven meer verspreid in kleinere kolonies.

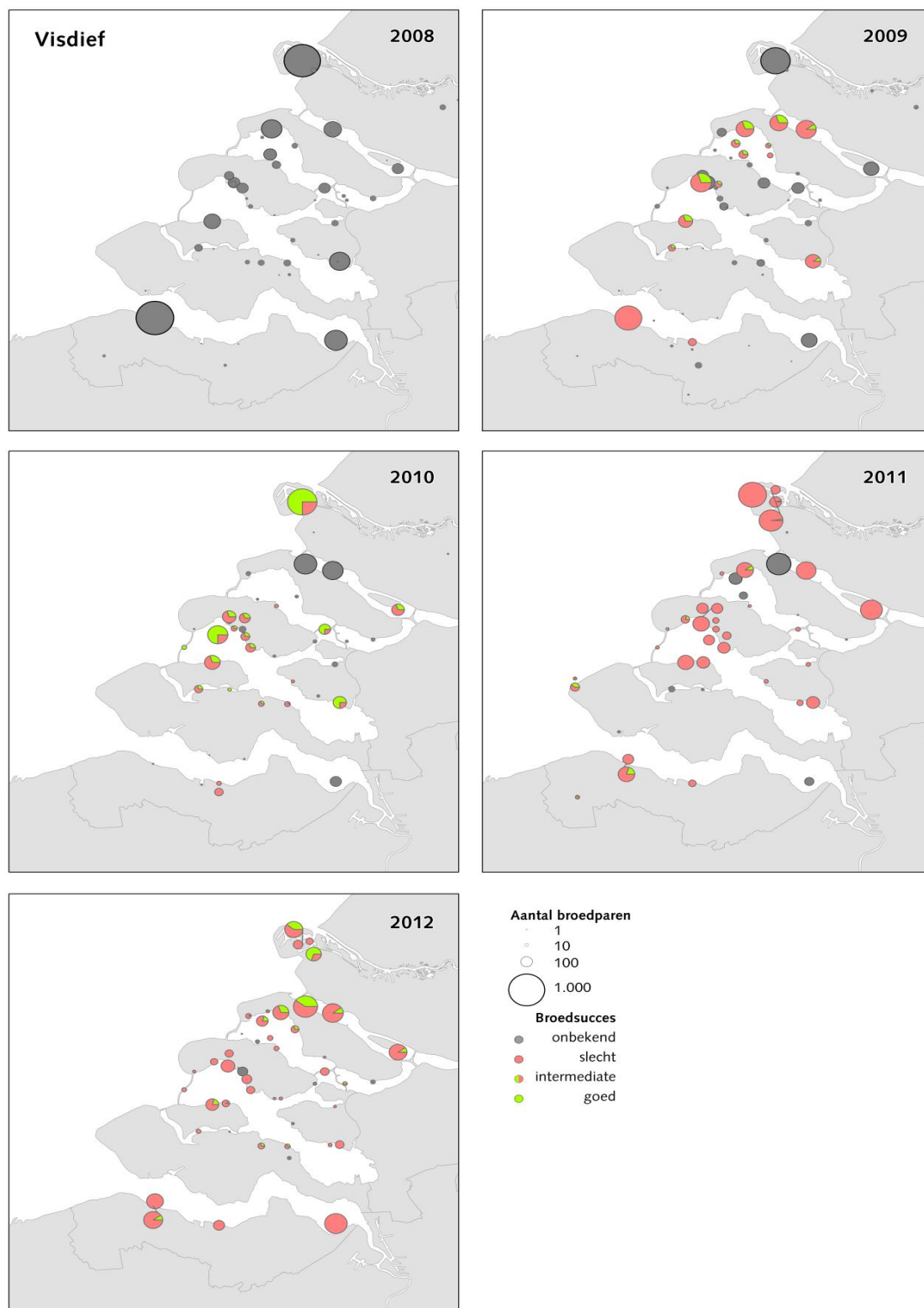
Van een groot aantal kolonies zijn gedetailleerde gegevens met betrekking tot het broedsucces voorhanden uit de periode 2002-2011. Het broedsucces van de soort wisselt sterk van jaar op jaar en tussen verschillende gebieden (Figuur 5.16). In sommige jaren worden bijna geen jongen grootgebracht (2002, 2005, 2011). In andere jaren produceren de meeste kolonies wel veel jongen; goede jaren waren bijvoorbeeld 2003, 2008 (voor zover bekend) en 2010 (Figuur 5.16).



Figuur 5.15 Het totaal aantal broedparen van de visdief per waterbekken in het Deltagebied en in Zeebrugge in de periode 2002-2012.



Figuur5.16a Aantal broedparen van de visdief per kolonie in het Deltagebied met een semi-kwantitatieve inschatting van het broedsucces voor de periode 2002-2007. Hoe groener de bol, hoe beter het broedsucces was (zie tekst voor nadere uitleg).



Figuur 5.16b Aantal broedparen van de visdief per kolonie in het Deltagebied met een semi-kwantitatieve inschatting van het broedsucces voor de periode 2008-2012. Hoe groener de bol, hoe beter het broedsucces was (zie tekst voor nadere uitleg).

5.3.1.4 *Eerste gevolgtrekkingen in relatie tot de onderzoekshypothesen*

Op grond van het aantal broedparen en broedsucces van grote stern en visdief in de gehele Delta zijn de volgende eerste conclusies te trekken;

Hypothese 1: Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van Maasvlakte2, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

Eerste gevolgtrekkingen hypothese 1: Bij zowel grote stern als visdief hebben er tussen de T0 en T1 grote veranderingen in aantallen broedparen en bezetting van kolonielocaties plaatsgevonden, en daarmee ook in het aantal vogeldagen wat is gemeten in de Voordelta.

Hypothese 4: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatinvloeden.

Eerste gevolgtrekkingen hypothese 4: Er is een grote variatie zichtbaar in het aantal broedparen en het broedsucces bij beide soorten sterns, waarbij er synchrone patronen bestaan tussen jaren en in subregio's binnen de Delta. De synchrone patronen tussen jaren kan wijzen op de invloed van grootschalige omstandigheden (zoals voedselomstandigheden op zee, weersomstandigheden, die al dan niet indirect ook van invloed kunnen zijn op voedselbeschikbaarheid). Bij de variatie in subregio's kunnen de lokale factoren als predatie en beheer broedgebied een rol spelen. In een aantal kolonies van grote sterns en visdieven is gedetailleerd onderzoek verricht naar het broedsucces, waarbij verbanden gelegd kunnen worden met het beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatinvloeden. In paragraaf 5.3.3 worden deze resultaten gepresenteerd en nader geanalyseerd in paragraaf 5.5.

Hypothese 7: Er is geen relatie tussen de voedselsituatie lokaal of elders en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta

Eerste gevolgtrekkingen hypothese 7: Bij de analyse voor de toetsing van deze hypothese dient rekening gehouden te worden met de aantallen broedparen in de gehele Delta. Waarom?

Hypothese 8: Er is geen relatie tussen de veranderingen in de populatiedynamica van de grote sterns/visdieven elders in hun leefgebied en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta.

Eerste gevolgtrekkingen hypothese 8: Mede gezien het synchrone, schommelende broedpopulatieverloop van jaar op jaar bij zowel grote stern en visdief in verschillende deelgebieden binnen de Delta en Zeebrugge, en het niet verder groeien van hun populaties kan mogelijk gesproken worden van regionale metapopulaties met mogelijk beperkte uitwisseling (op basis van ringgegevens van de Delta Ringgroep en INBO) en dat deze populaties bij beide soorten tegen hun draagkracht aanzitten (gezien het niet verder groeien van de populaties in de Delta).

5.3.2 Aantallen en verspreiding van sterns in de Voordelta

Relatie met de onderzoekshypothesen

De aantallen en verspreiding van grote stern en visdief in de Voordelta is basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

Hypothese 1: Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van Maasvlakte2, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

Hypothese 5: Menselijke activiteiten leiden niet tot verstoring van grote sterns/visdieven die de platen gebruiken om te rusten (april - september).

Hypothese 6: Er is geen (cor)relatie tussen abiotische parameters van het water of het sediment en de verspreiding van de sterns/visdieven.

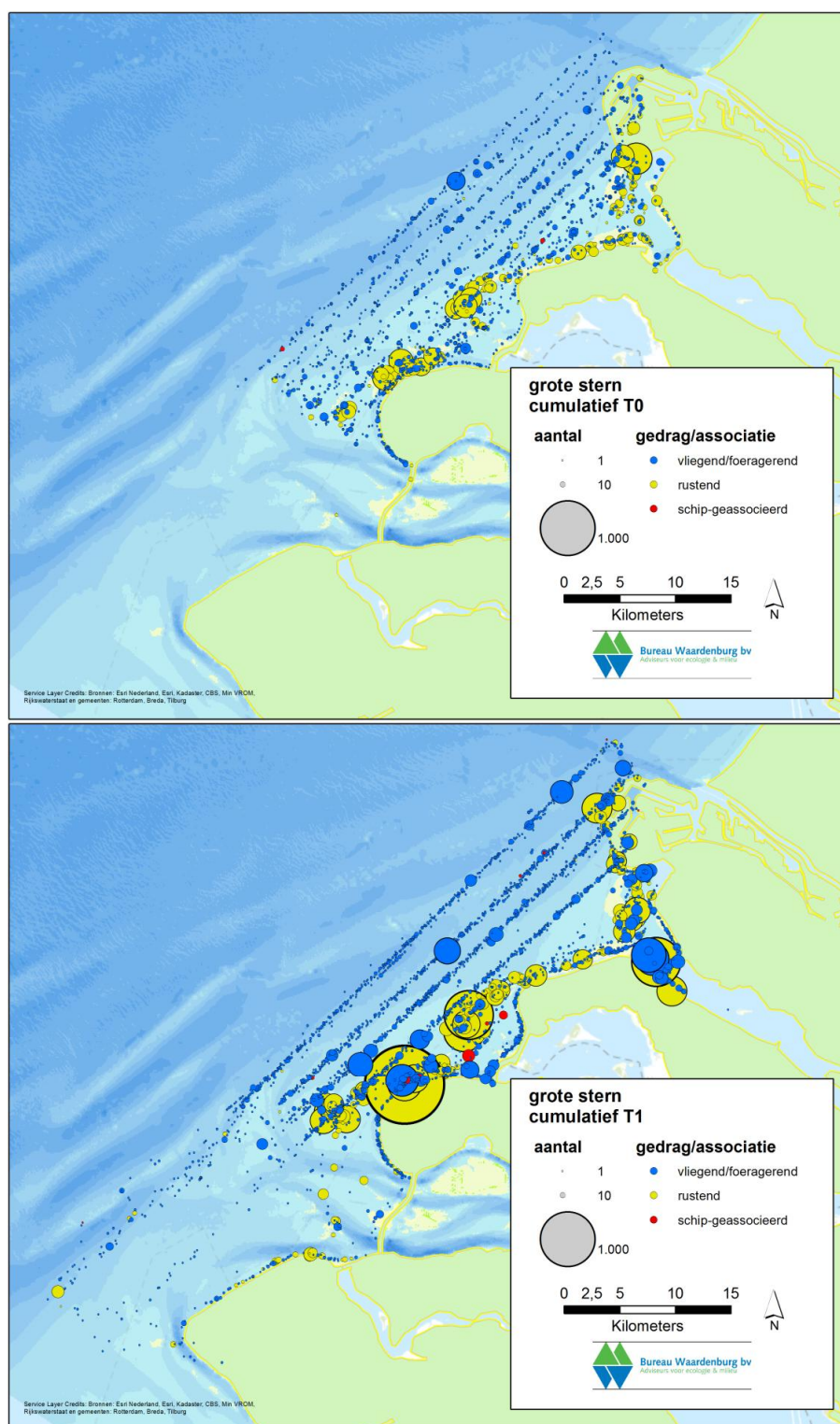
5.3.2.1 *Algehele verspreiding van grote sterns in de Voordelta*

Figuur 5.17 geeft een cumulatief verspreidingsbeeld van het voorkomen van grote sterns in het zomerhalfjaar van de T0 (2005 en 2006) en T1 (2009-2012) op basis van vliegtuigtellingen. In bijlage 7 staan de verspreidingskaarten van de individuele jaren. Hieruit komt naar voren dat het merendeel van de grote concentraties grote sterns in de Voordelta rustende vogels op platen betreft. Gebieden die veel gebruikt worden zijn het Verklikkerstrand, de Bollen van de Ooster, Kwade Hoek en het Hinderplaatgebied. De zandeilanden van de Tweede Maasvlakte werden direct in april 2009 ontdekt en in gebruik genomen. Deze platen waren ook tijdens hoogwater beschikbaar, in tegenstelling tot andere platen als de Bollen van de Ooster, Hinderplaat en met name de Platen bij de Banjaard en die voor de Kop van Schouwen. In 2010 waren er echter zoveel menselijke activiteiten op de Tweede Maasvlakte dat er geen rustconcentraties van grote sterns meer zijn vastgesteld.

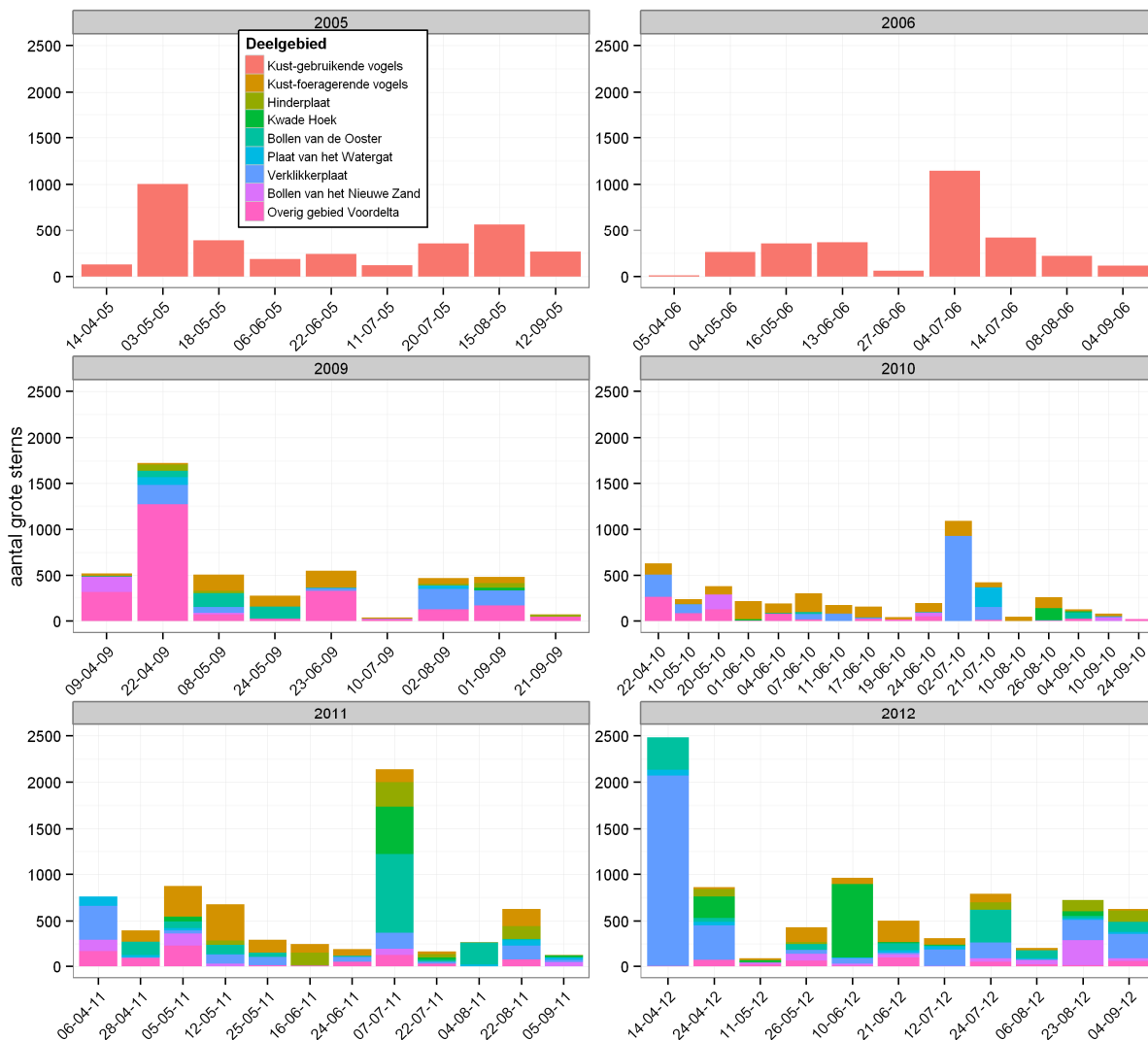
In de nazomer kwamen in alle jaren, net als tijdens de nulmeting, relatief grote foerageerconcentraties in het zeegebied voor de Kop van Schouwen voor (deze concentraties vallen weg op de cumulatieve kaartbeelden en hiervoor is geen aparte figuur opgenomen). In april werden in deze regio ook, net na de aankomst van de grote stern, grote concentraties op de platen en stranden waargenomen. Onbekend is of deze nazomer- als voorjaarsconcentraties voor het grootste deel bestaan uit vogels die een binding hebben met de binnendijs gelegen broedkolonies of dat er ook vogels bij zitten die in de Waddenzee of op de Hooge Platen in de Westerschelde broeden. In 2011 en 2012 was dit eerste waarschijnlijk wel het geval, gezien de grotere aantallen op de Bollen van de Ooster in de nazomer van 2011 en 2012 ten opzichte van 2010. Dit kan worden verklaard door de ligging van de bron van deze aantallen; de broedkolonie Markenje in de Grevelingen.

5.3.2.2 *Rustende grote sterns op de platen*

Rustende grote sterns hebben een duidelijke voorkeur voor specifieke platen en stranden binnen de Voordelta (Figuur 5.18) en maken met name gebruik van de Kwade Hoek, Bollen van de Ooster (ingesteld rustgebied), Plaat van het Watergat (ingesteld rustgebied, echter voor zeehonden), Verklikkerplaat (voormalig ingesteld rustgebied voor zeehonden) en de Bollen van het Nieuwe Zand. Daarnaast wordt in mindere mate gebruik gemaakt van de Hinderplaat (ingesteld rustgebied) en verschillende andere delen van de Voordelta. Rond de Oosterscheldekering en Neeltje Jans ontbreken rustende grote sterns op de stranden, maar wel maken ze gebruik van enkele plaatjes die hier voor de kust liggen en bij laagwater droogvallen (deze vallen in de categorie "Overig gebied Voordelta" in figuur 5.17). In figuur 5.17 is onderscheid gemaakt tussen kust-gebruikende vogels (vogels geteld tijdens de integraaltellingen op platen en langs de kust, alleen tijdens de T0), kust-foeragerende vogels (vogels geteld tijdens de integraaltellingen langs de kust, alleen tijdens de T1) en rustende vogels op de verschillende platen.



Figuur 5.17 Cumulatieve verspreiding van grote sterns in de zomerhalfjaren van T0 en T1 (april-september). De hoeveelheid data van de perioden verschilt omdat T0 uit twee zomerhalfjaren bestond en T1 uit vijf. N.B. in de T0 was de Tweede Maasvlakte nog niet aanwezig.



Figuur 5.18 Gesommeerde aantallen rustende grote sterns in de belangrijkste rustgebieden tijdens de vliegtuigtellingen in periode T0 (2005, 2006) en T1 (2009, 2010, 2011 en 2012).

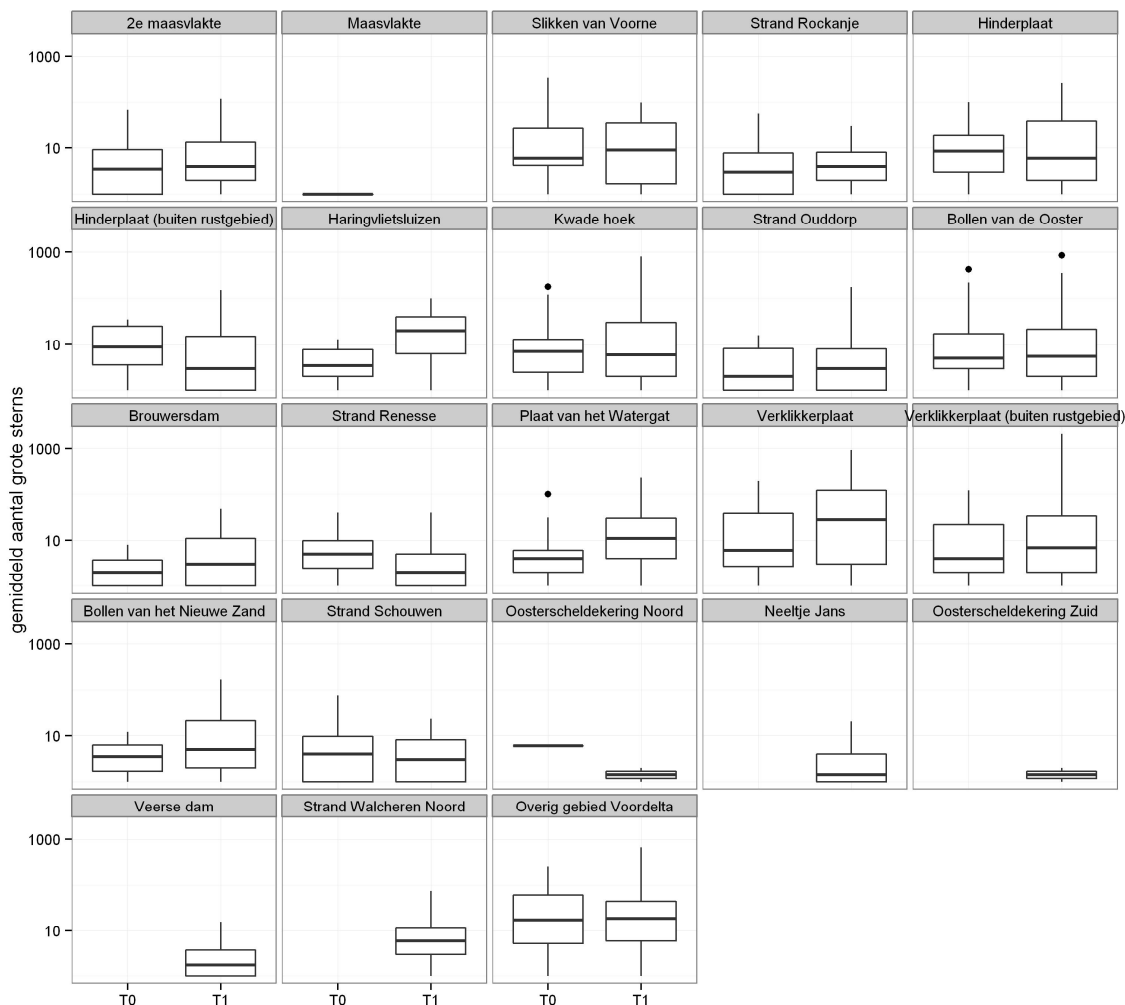
Per telling varieerden de aantallen in de Voordelta tussen de 0 en bijna 2.500 vogels verspreid over de verschillende rustgebieden in de Voordelta (Figuur 5.18), maar het merendeel van de vogels verbleef voornamelijk buiten de ingestelde rustgebieden (Figuur 5.19). Aantalspieken komen vroeg in het seizoen (april/begin mei) voor (door grote aantallen verzamelende broedvogels en doortrekkers uit de Westerschelde, Waddenzee of verder in de Noord- of Oostzee, zie Bijlage 8), maar ook in juli (door ouders met uitgevlogen juvenielen) en september (grote aantallen doortrekkers, zie Bijlage 8) werden verhoogde aantallen rustende grote sterns op de platen geteld.



Figuur 5.19 Verhouding rustende grote sterns binnen en buiten de aangewezen rustgebieden binnen de Voordelta per telling in 2005, 2006, 2009, 2010, 2011 en 2012. Noot: in 2005 en 2006 hadden deze rustgebieden nog geen beschermde status.

5.3.2.3 Vergelijking rustende grote sterns op platen tussen T0 en T1

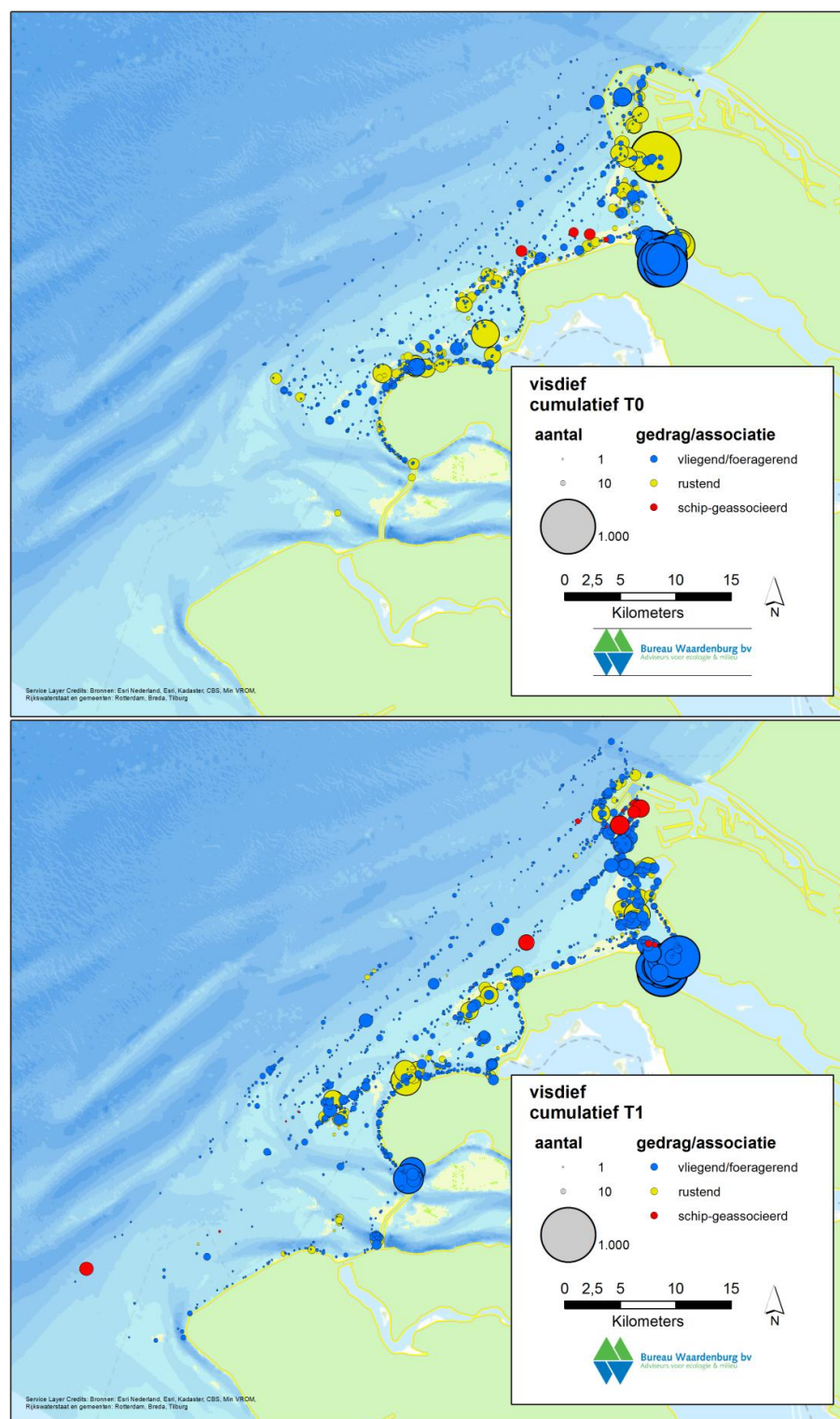
De eerste vergelijking van de resultaten van de sternmonitoring in de Voordelta tijdens de T1 en de T0 heeft een aantal verschuivingen aan het licht gebracht. Opvallend is de verschuiving in het aantal grote sterns dat gebruik maakt van de rustgebieden, met name van de Verklipperplaat (Figuur 5.20). Hier zijn de aantallen rustende sterns sterk toegenomen tussen T0 en T1. Dit wordt veroorzaakt door de verschuiving in de locaties van de verschillende grote stern kolonies (tussen Scheelhoek, Markenje, Hooge Platen), echter ook andere factoren liggen hier ten grondslag aan (zie §5.4.2).



Figuur 5.20 Vergelijking van de aantallen rustende grote sterns in verschillende deelgebieden tijdens de T0 (2005 – 2006) en T1 (2009 – 2012) op basis van alle individuele tellingen. De mediaan is weergegeven met de liggende balk – middelste waarneming van alle individuele tellingen. De box geeft het eerste en derde kwartiel neer (hierbinnen liggen tussen 25 en 75% van de waarnemingen). Deelgebieden aan de kust van Walcheren werden in de T0 niet bekeken. Let op de logaritmische as.

5.3.2.4 Algehele verspreiding van visdieven in de Voordelta

Ook voor visdieven is een cumulatief verspreidingsbeeld weergegeven van het voorkomen in de zomerhalfjaren van de T0 (2005 en 2006) en T1 (2009-2012) (Figuur 5.21). In bijlage 7 worden de verspreidingskaarten van de individuele jaren weergegeven. Het merendeel van de visdieven in de Voordelta betreft rustende sterns op de Slikken van Voorne, in het Hinderplaat gebied en rond het Verklipperstrand. Foerageerconcentraties werden met name gezien voor de Haringvlietsluizen. Het kustgebied ter hoogte van het nieuwe land van de Tweede Maasvlakte bleek ook voor de visdief een aantrekkelijk foerageergebied. Ook werd bij deze soort vastgesteld dat de vogels profiteerden van de zandhoppers. In de troebele wolken achter deze schepen werd soms door tientallen vogels gefoerageerd. Over het algemeen werden foeragerende vogels op zee voornamelijk waargenomen dicht bij de kust, een gebied met troebeler water dan verder naar buiten.



Figuur 5.21 Cumulatieve verspreiding van de visdief in de zomerhalfjaren van T0 en T1 (april-september). Hoeveelheid data tussen de jaren verschilt omdat T0 uit twee zomerhalfjaren bestond en T1 uit vijf. N.B. in de T0 was de Tweede Maasvlakte nog niet aanwezig.



Figuur 5.22 Gesommeerde aantallen rustende visdieven in de belangrijkste rustgebieden tijdens de vliegtuigtellingen tijdens T0 (2005 en 2006) en T1 (2009-2012). Tijdens de T0 behoorde het vastleggen van het gedrag van visdieven niet tot het vaste onderzoeksprotocol, waardoor voor enkele tellingen geen informatie over het gedrag beschikbaar is. Voor deze periode is het daarom alleen mogelijk op tellingsniveau het totaal aantal vogels van de kuststrook en platen te laten zien, dus inclusief foeragerende vogels. Voor de vergelijkbaarheid zijn kust foeragerende vogels voor de T1 als aparte categorie toegevoegd aan de rustende vogels.

5.3.2.5 Rustende visdieven op de platen

Rustende visdieven hebben een duidelijke voorkeur voor specifieke platen en stranden binnen de Voordelta (figuur 5.21) en maken met name gebruik van de strekdam naast de Haringvlietluizen, de Kwade Hoek en de dammen bij de Oosterscheldekering Noord. Het gaat hier dus om eigenlijk twee concentratiegebieden die te maken hebben met het voorkomen van lokaal zeer gunstige foerageeromstandigheden, die gerelateerd zijn aan het spuien van de sluisen. Daarnaast wordt in mindere mate gebruik gemaakt van de Hinderplaat (ingesteld rustgebied) en verschillende andere gebieden in de Voordelta. Visdieven maakten

in mindere mate dan de grote sterns van de eerste zandeilanden van de toekomstige Tweede Maasvlakte gebruik. In Figuur 5.22 is onderscheid gemaakt tussen kust-gebruikende vogels (vogels geteld tijdens de integraaltellingen op platen en langs de kust, alleen tijdens de T0), kust-foeragerende vogels (vogels geteld tijdens de integraaltellingen langs de kust, alleen tijdens de T1) en rustende vogels op diverse verschillende platen.

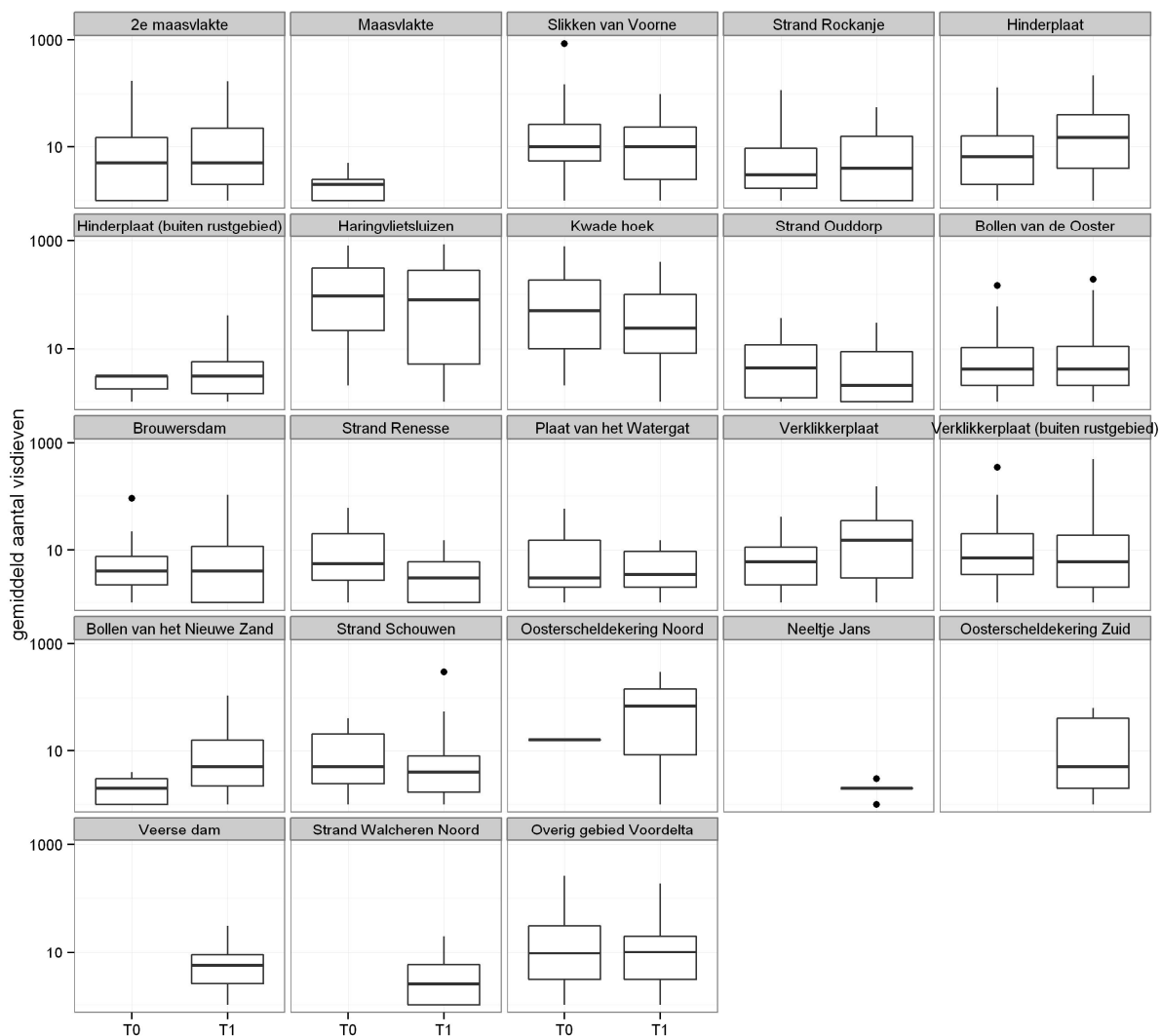
Voor de verschillende rustgebieden hebben we op tellingsniveau alleen voor de T1 goede gegevens over het rustgedrag in de rustgebieden en andere deelgebieden. Per telling varieerden de aantallen tussen de 0 en bijna 500 vogels verspreid over de verschillende rustgebieden in de Voordelta (figuur 5.21), maar voornamelijk buiten de ingestelde rustgebieden (Figuur 5.23). Opvallend is dat de twee hoge aantalspieken in de T0 in beide jaren in mei optraden (Figuur 5.22), dat in de T1 jaren de aantallen over het algemeen wel in dezelfde orde van grootte algen als in de T0 maar dat de aantalspiek in mei ontbrak.



Figuur 5.23 Verhouding rustende visdieven binnen en buiten de aangewezen rustgebieden in de Voordelta per telling in de afzonderlijke jaren (voor 2005 en 2006 op basis van tellingen waarbij wel gedrag is vastgelegd).

5.3.2.6 Vergelijking rustende visdieven op platen tussen T0 en T1

De eerste vergelijking van de resultaten van de sternmonitoring in de Voordelta tijdens de T1 en de T0 laat een aantal verschuivingen zien. Opvallend is de verschuiving in het aantal visdieven dat gebruik maakt van de rustgebieden, met name van de Verklikkerplaat en de Bollen van het Nieuw Zand (Figuur 5.24). Hier zijn de aantallen rustende sterns sterk toegenomen. Een veranderd plaatareaal (bijlage 9) in het zuidelijke deel van de Voordelta (met name de Bollen van het Nieuwe Zand en de Middelplaat/Plaat van het Watergat zijn groter en hoger geworden) ligt mogelijk ten grondslag aan deze verschuiving.



Figuur 5.24 Vergelijking van de aantallen rustende visdieven in verschillende deelgebieden tijdens de T0 (2005 – 2006) en T1 (2009 – 2012) op basis van alle individuele tellingen. De mediaan is weergegeven met de liggende balk – middelste waarneming van alle individuele tellingen. De box geeft het eerste en derde kwartiel neer (hierbinnen liggen tussen 25 en 75% van de waarnemingen). Deelgebieden aan de kust van Walcheren werden in de T0 niet bekeken. Let op de logaritmische as.

5.3.2.7 *Eerste gevolgtrekkingen in relatie tot de onderzoekshypothesen*

Op grond van de aantallen en verspreiding van grote stern en visdief in de Voordelta aan de hand van vliegtuigtellingen zijn de volgende eerste gevolgtrekkingen te trekken;

Hypothese 1: Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van Maasvlakte2, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

Eerste gevolgtrekkingen hypothese 1: Bij zowel grote stern als visdief hebben er tussen de T0 en T1 grote veranderingen in aantallen getelde sterns in de verschillende deelgebieden plaatsgevonden. Daarmee fluctueert ook het aantal vogeldagen wat is gemeten in de Voordelta. Op het eerste gezicht lijkt zowel voor de grote stern als de visdief het gebied rond de Tweede Maasvlakte meer gebruikt dan tijdens de T0. Een afname van beide sternsoorten is niet aan de orde. Factoren die de *overall* schommelingen in aantallen in het gebied veroorzaken zijn in deze paragraaf nog niet besproken.

Hypothese 5: Menselijke activiteiten leiden niet tot verstoring van grote sterns/visdieven die de platen gebruiken om te rusten (april - september).

Eerste gevolgtrekkingen hypothese 5: Het aandeel vogels dat gebruik maakt van de platen die speciaal als rustgebied zijn aangewezen is beperkt. Het merendeel van de vogels maakt gebruik van platen en ook veelvuldig van stranden die niet beschermd zijn en waar dus geen toegangsbeperkingsbesluiten gelden.

Hypothese 6: Er is geen (cor)relatie tussen abiotische parameters van het water of het sediment en de verspreiding van de sterns/visdieven.

Eerste gevolgtrekkingen hypothese 6: Grote sterns hebben in het open zeegebied een wijdverspreide verspreiding en komen van ondiep/meest troebel tot in diep/meest helder water voor. Visdieven hebben een veel meer kustgebonden voorkomen en lijken meer in ondiep en daarmee troebeler water voor te komen. Met name bij visdief is er een duidelijke ruimtelijke foerageerrelatie te zien in relatie tot het spuien van de Haringvlietssluizen. Hoewel deels een artefact door de teldekking is er ook een correlatie van foeragerende sterns en de smalle kustzone, waar vogels kustparallel in de branding foerageren (grote sterns en visdieven).

5.3.3 Gebiedsgebruik en foerageergedrag van sterns

Relatie met de onderzoekshypothesen

Het individueel volgen van sterns uitgerust met zenders en GPS-loggers genereert basisinformatie over het gebiedsgebruik en foerageergedrag op zee noodzakelijk voor het beantwoorden van:

Hypothese 1: Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van Maasvlakte2, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

Hypothese 2: Het aantal grote sterns/visdieven (adult en/of juveniel) in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

Tijdens de broedseizoenen van 2009 en 2010 is met behulp van radiozenders onderzoek gedaan naar het gebiedsgebruik van visdieven en grote sterns in de Voordelta (bijlage 2). In

2012 en 2013 is het gebiedsgebruik onderzocht met behulp van GPS-loggers. In 2012 zijn 10 grote sterns gevolgd met GPS-loggers, waarvan 7 vogels, die hun kuikens verzorgden, data hebben opgeleverd (zie verdere details in de bijlagen 3 en 4). In totaal werden 34 foerageertochten vastgelegd waarvan 15 compleet waren. In 2013 zijn 7 grote sterns gevolgd. Hiervan hebben 4 vogels data opgeleverd (zie verdere details in bijlage 4). Waarschijnlijk voerde in dat jaar echter maar één vogel nog een kuiken. In totaal werden 33 foerageertochten vastgelegd waarvan 12 compleet waren. De vogel die een kuiken voerde maakte 15 foerageertochten waarvan er 10 compleet waren. Daarnaast werd in 2013 ook een prototype logger gebruikt, die voor zijn energievoorziening afhankelijk was van zonne-energie. Hiermee zijn 3 vogels uitgerust. Eén logger heeft ook daadwerkelijk gegevens opgeleverd, waarbij zo'n 46 foerageertrips met een lage GPS-fix dichtheid (minder fixen per uur) werden opgenomen. Aangezien een eerste indicatie uit het koloniewerk aangaf dat 2012 en 2013 waarschijnlijk erg verschillend waren in voedselbeschikbaarheid, is ervoor gekozen om beide jaren apart te behandelen in kaarten en berekeningen.

5.3.3.1 *Onderzoek gebiedsgebruik in de seizoenen 2009 en 2010 met radiozenders*

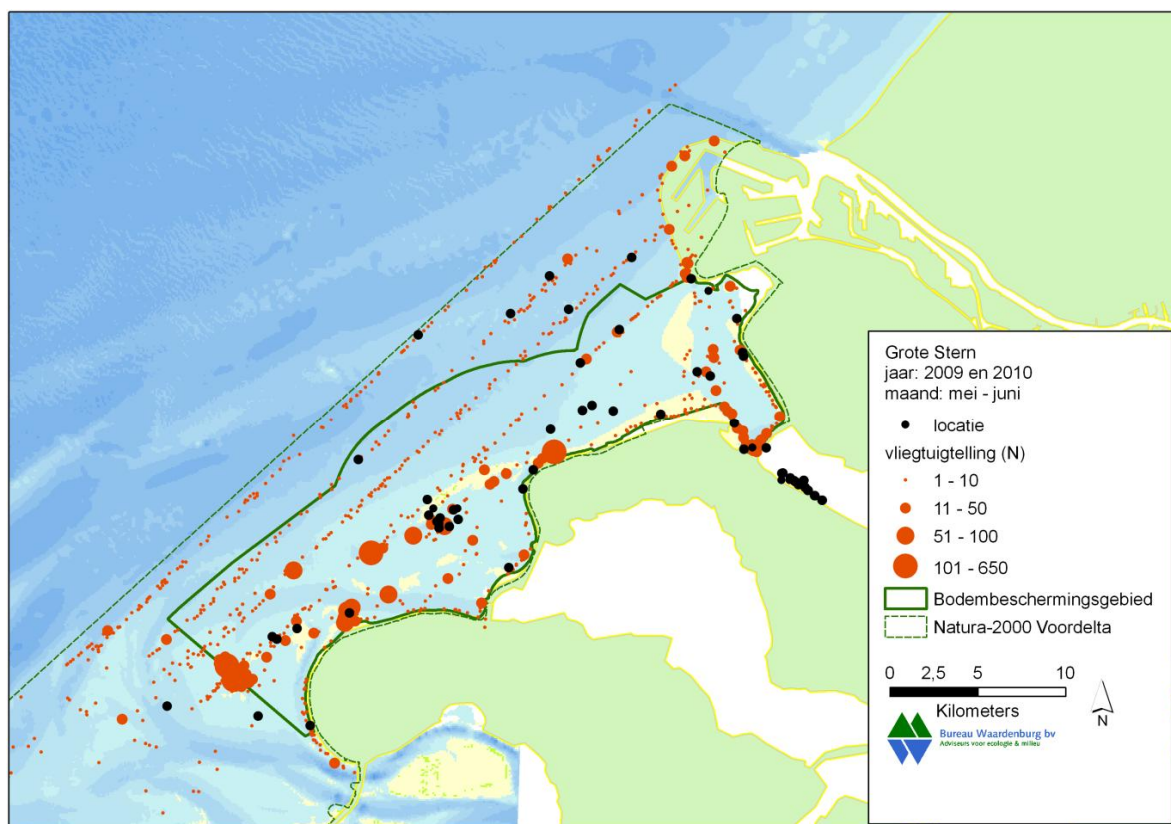
Habitatgebruik grote sterns aan de hand van radiozenders

Grote sterns uit de kolonie op de Scheelhoek werden verspreid over een groot gebied teruggevonden binnen Natura 2000-gebied Voordelta. Vogels met radiozenders werden tot ver van de kolonie waargenomen en hadden een meer pelagische verspreiding dan visdieven (Figuur 5.25, Figuur 5.26). De meeste gezenderde grote sterns werden in het gebied rond de Hinderplaat en Kwade Hoek en het aangrenzende zeegebied vastgesteld. Gezenderde grote sterns werden tot ver buiten de kolonie waargenomen, tot 85 km aan toe. Op basis van waarnemingen tijdens de vliegtuigtellingen van grote sterns met prooivissen foerageert een substantieel deel van de grote sterns van de Scheelhoek buiten het Natura 2000-gebied Voordelta, waardoor het aangehouden zoekgebied met het vliegtuig mogelijk te klein was.

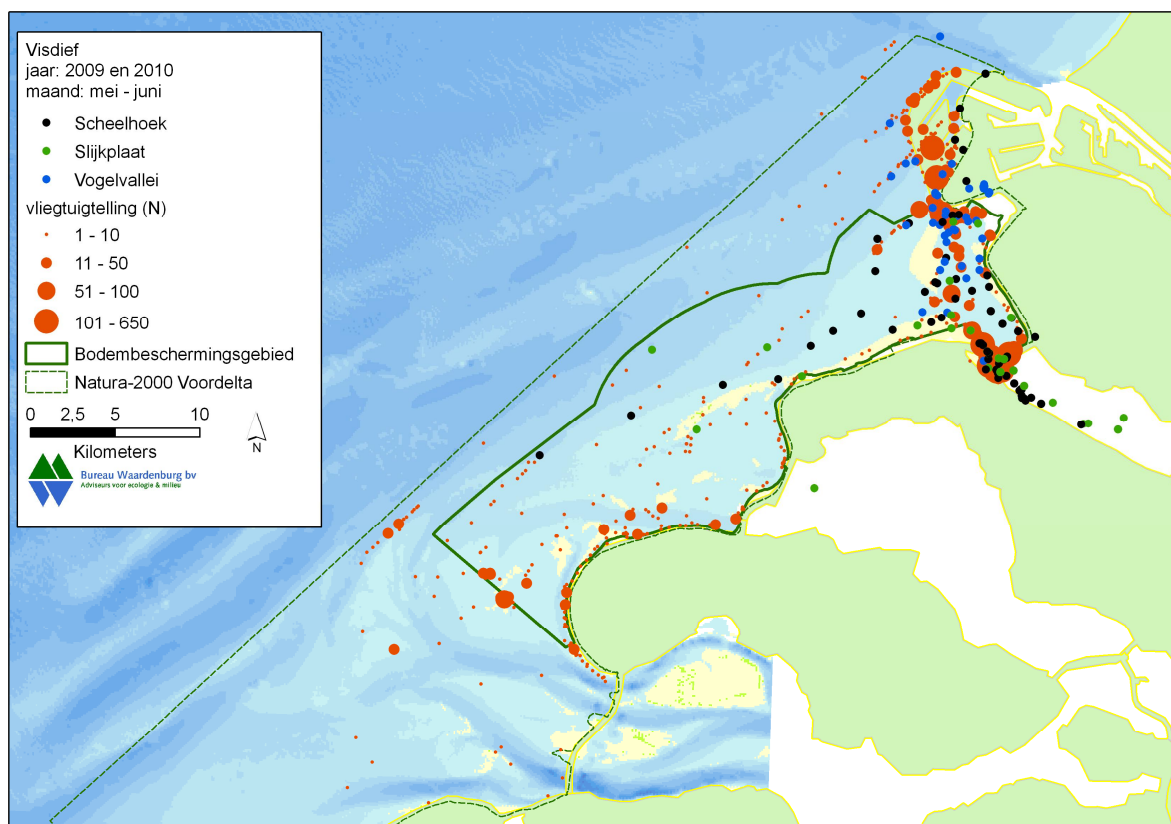
Habitatgebruik visdieven aan de hand van radiozenders

Visdieven werden voornamelijk in de Haringvlietmonding waargenomen tussen de Hinderplaat en Kwade Hoek. Grote groepen werden foeragerend gezien voor de uitstroomopening van de Haringvlietssluisen aan de Kwade Hoek kant. Ook op de Kwade Hoek zelf wordt veelvuldig gefoerageerd. De waarnemingen van visdieven voor de kust van Goeree werden voornamelijk later in het seizoen gedaan. Verder is de verspreiding van deze soort duidelijk kustgebonden (Figuur 5.26). Vanuit de lucht zijn diverse visdieven gelogd in het gebied waar de Tweede Maasvlakte is aangelegd. Dit waren voornamelijk broedvogels van de kolonie in de Vogelvallei, maar ook een broedvogel van de Scheelhoek foerageerde in het gebied. Tijdens vliegtuigtellingen bleek regelmatig dat visdieven rond suppletieschepen foerageren. Waarschijnlijk maken de wervelingen in het water voedsel beschikbaar.

Op zee werd een duidelijke scheiding vastgesteld tussen sterns uit verschillende kolonies. Hoewel de actieradius van visdieven groot genoeg is om in elkaars foerageergebied te komen (zoals ook uit de data naar voren kwam) bleken sterns van de Scheelhoek meer in het zuiden van de Haringvlietmonding (spuisluizen en Kwade Hoek) te foerageren, terwijl vogels uit de Vogelvallei meer in het noorden rond de Hinderplaat en in het gebied van de Tweede Maasvlakte bleven (Figuur 5.26). Naast een ruimtelijke segregatie op zee bleken kolonies ook duidelijke samenhang te hebben. Vogels uit verschillende kolonies bleken bezochten regelmatig andere kolonies en mislukte broeders probeerden vaak binnen het seizoen om in een andere kolonie opnieuw te broeden.



Figuur 5.25 Verspreiding van grote sterns gezenderd op de Scheelhoek in het broedseizoen van 2009 en 2010 vastgesteld met behulp van radio-telemetrie (zwarte stippen) en de cumulatieve verspreiding zoals vastgesteld tijdens de vliegtuigtellingen in dezelfde periode (mei-juni) (rode stippen). De gestippelde groene lijn is de grens van het Natura 2000-gebied Voordelta, de doorgetrokken groene lijn is het bodembeschermingsgebied.

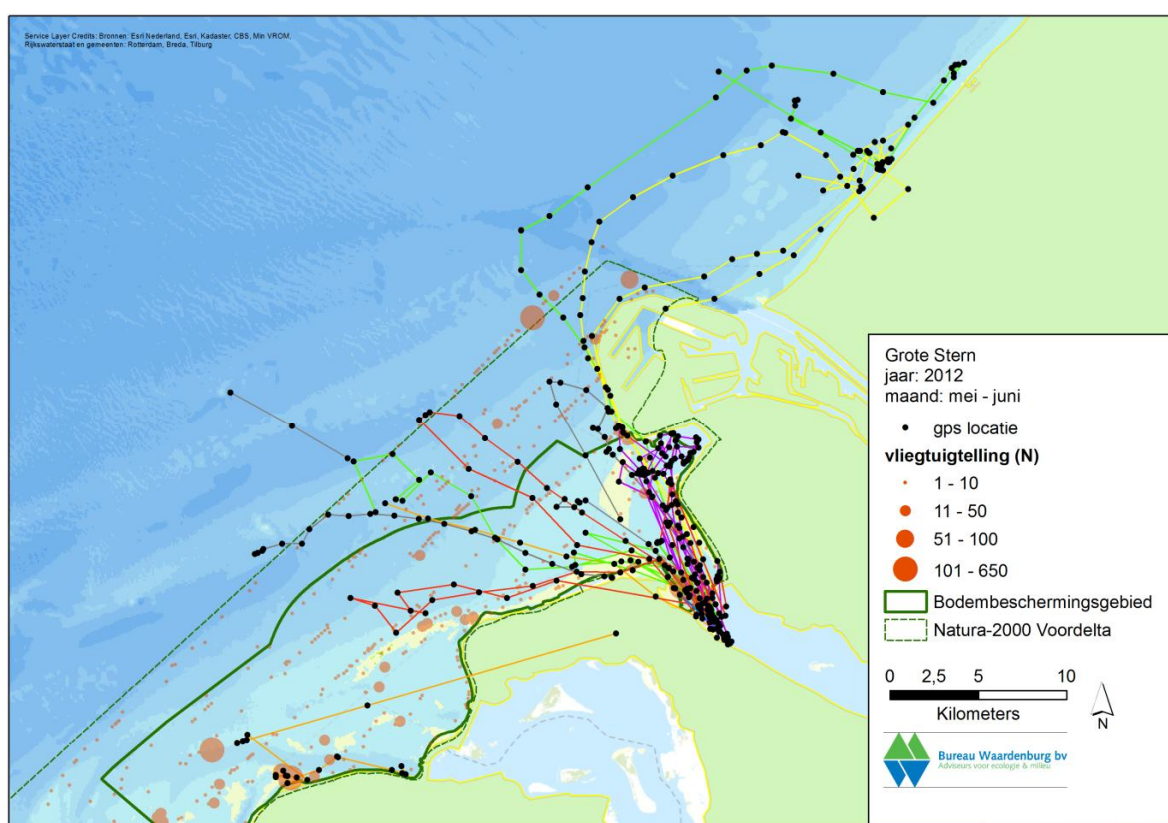


Figuur 5.26 Verspreiding van visdieven gezenderd in drie verschillende kolonies in het broedseizoen van 2009 en 2010 vastgesteld met behulp van radio-telemetrie, voornamelijk vanuit het vliegtuig en de cumulatieve verspreiding zoals vastgesteld tijdens de vliegtuigtellingen in dezelfde periode (mei-juni). De gestippelde groene lijn is de grens van het Natura 2000-gebied Voordelta, de doorgetrokken groene lijn is het bodembeschermingsgebied.

5.3.3.2 Onderzoek gebiedsgebruik in de seizoenen 2012 en 2013 met GPS-loggers

Habitatgebruik en foerageertrip-parameters grote sterns met GPS-loggers

Grote sterns broedend op de Scheelhoek in 2012 maakte foerageertochten binnen het ingestelde bodembeschermingsgebied en Natura 2000-gebied maar ook ver daarbuiten (Figuur 5.27, 5.28; bijlage 4 voor gegevens op individueel niveau). Op basis van de GPS posities zijn voor alle tochten triplengte (km), tripduur (min) en maximale afstand buiten de kolonie (km) berekend (Tabel 5.2). Deze gegevens zijn indicatief voor de foerageerefficiëntie en –investering van individuele sterns. Doordat langere tochten een grotere kans hebben om incompleet te zijn (door de beperkte werktijd van de zenders), komt uit de complete tochten een scheef beeld naar voren. Vandaar dat ook de incomplete tochten worden meegenomen in de analyse. In 2013 was het beeld anders dan in 2012. In 2013 maakten grote sterns broedend op de Scheelhoek ook tochten binnen het ingestelde bodembeschermingsgebied en Natura 2000-gebied, maar veruit het grootste deel van de tochten ging ver daarbuiten (Figuur 5.28, bijlage 4). Maar één vogel voerde daadwerkelijk een kuiken (logger 14, zie bijlage 4). Bijna alle tochten van deze vogel waren buiten het Natura 2000-gebied Voordelta en parameters als triplengte, tripduur en maximale afstand tot de kolonie waren twee tot drie keer zo hoog als in 2012 (Tabel 5.2).

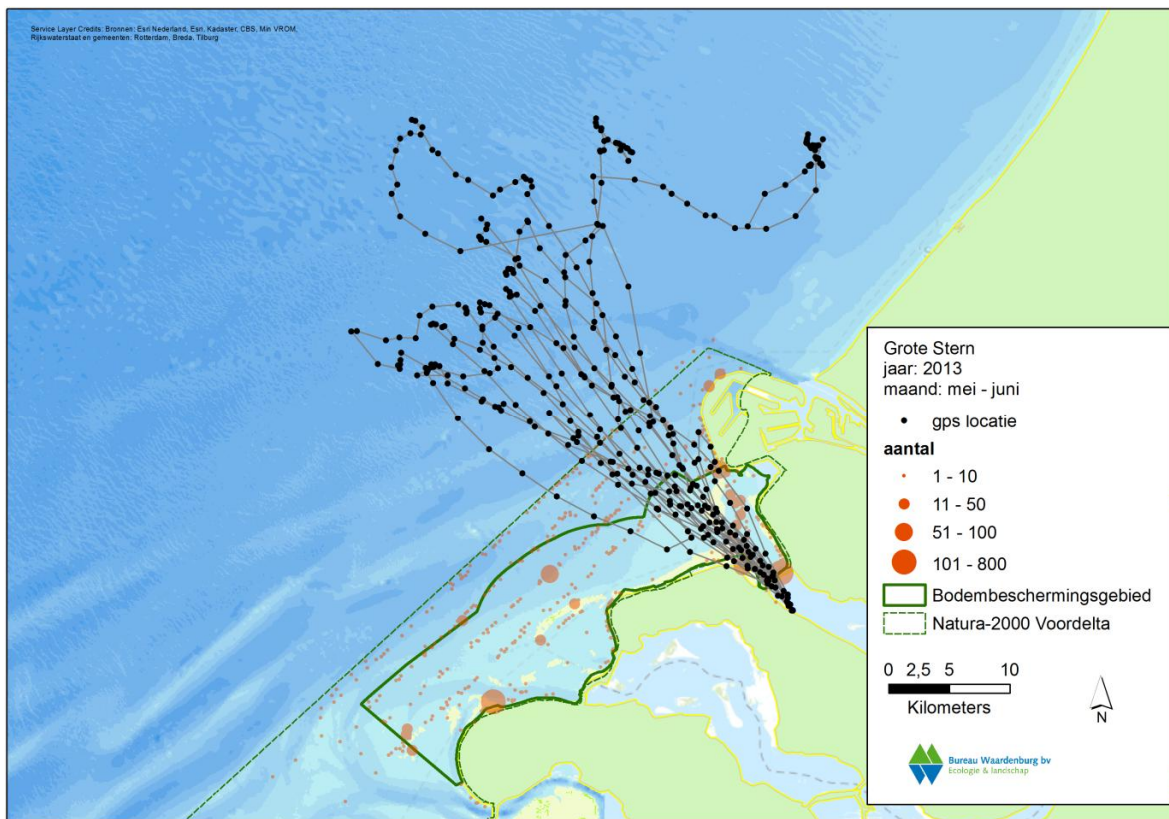


Figuur 5.27 Kaart met alle vastgelegde GPS-posities van grote sterns in 2012 samen met de cumulatieve verspreiding van grote sterns weergegeven zoals vastgesteld tijdens de vliegtuigtellingen in mei-juni 2012. Elke individuele stern heeft een eigen lijnkleur. De gestippelde groene lijn is de grens van het Natura 2000-gebied Voordelta, de doorgetrokken groene lijn is het bodembeschermingsgebied.

Tabel 5.2 Triplengte, tripduur en maximale afstand buiten de kolonie van alleen de complete en van alle tochten samen van kuikenvoerende grote sterns op de Scheelhoek in 2012 en 2013.

2012 (n = 6)	Complete tochten (n = 15)*	Alle tochten (n = 34)*
Gemiddelde triplengte	25,9 ± 13,9 km (8,8 – 52,0)	35,6 ± 24,1 km (7,6 – 92,5)
Maximale afstand uit kolonie	11,0 ± 5,6 km (4 – 21,5)	15,5 ± 9,9 km (3,6 – 35,4)
Gemiddelde tripduur	68 ± 53,3 min. (20 – 210)	87 ± 75,4 min. (10 – 240)
Buiten grenzen N2000**	0%	21%
Buiten grenzen BBG***	27%	38%
2013 (n = 1)	Complete tochten (n = 10)*	Alle tochten (n = 15)*
Gemiddelde triplengte	67,3 ± 22,4 km (25,6 – 92,9)	75,2 ± 30,6 km (25,6 – 140,6)
Maximale afstand uit kolonie	32,3 ± 10,5 km (12,4 – 42,8)	33,3 ± 10,8 km (12,4 – 51,0)
Gemiddelde tripduur	130 ± 60,7 min. (36 – 256)	146 ± 87,3 min. (26 – 314)
Buiten grenzen N2000**	90%	87%
Buiten grenzen BBG***	90%	87%

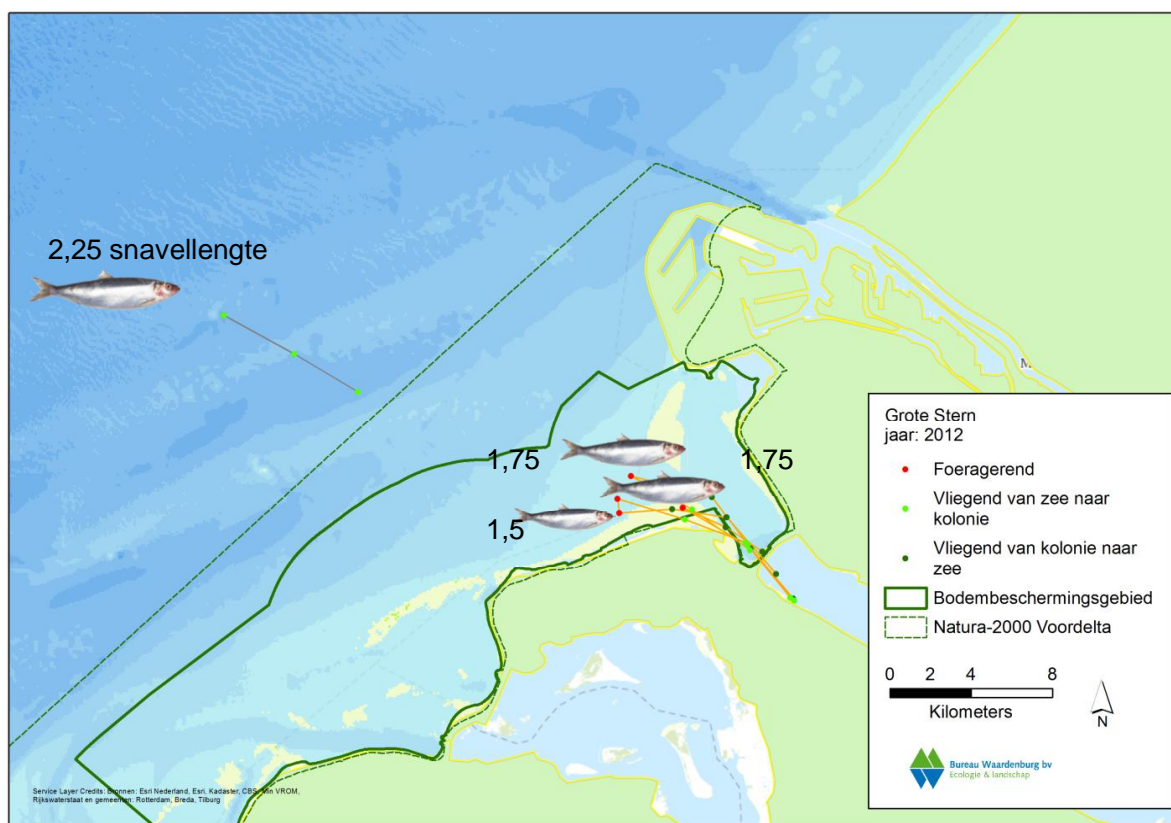
* gem. ± sd (min – max), ** N2000 = Natura 2000-, *** BBG = Bodembeschermingsgebied



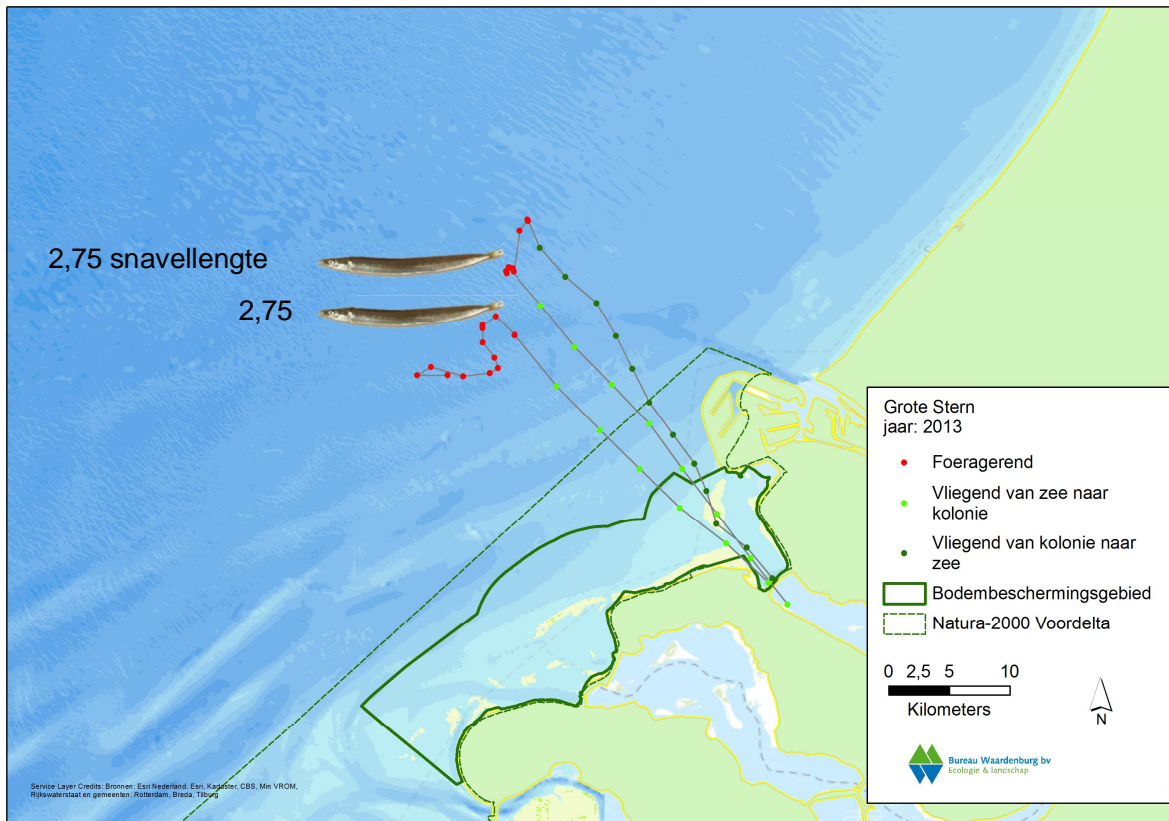
Figuur 5.28 Kaart met alle vastgelegde GPS-posities van grote sterns in 2013 samen met de cumulatieve verspreiding van grote sterns weergegeven zoals vastgesteld tijdens de vliegtuigtellingen in mei-juni 2013. De gestippelde groene lijn is de grens van het Natura 2000-gebied Voordelta, de doorgetrokken groene lijn is het bodembeschermingsgebied.

Reconstructie vangstlocaties vis voor de jonge sterns; binnen of buiten de Voordelta?

In totaal zijn 12 vissen (10 in 2012, 2 in 2013) tijdens de voedselprotocollen in de kolonie door grote sterns met GPS-loggers aangevoerd. Dit waren in 2012 haringen met een lengte tussen de 1,5 en 2,25 snavellengte en in 2013 zandspieringen van 2,75 snavellengte. In zes gevallen (4 in 2012, 2 in 2013) is ook een GPS-log van de tocht beschikbaar en kan dus ongeveer de vangplek bepaald worden. Drie haringen (van snavellengte 1,5, 1,75 en 1,75) werden relatief dichtbij de kolonie gevangen ten noorden van Goeree voor de kust van Ouddorp (Figuur 5.29). Eén haring (van snavellengte 2,25) kwam van veel verder (waarschijnlijk van buiten het Natura 2000-gebied). Helaas is van deze foerageertocht alleen een deel van de terugreis vastgelegd. De exacte vanglocatie is niet vastgelegd maar de rechte lijn van de punten en de hoge snelheid suggereren dat dit wel een vlucht met prooi van de vangplek naar de kolonie is. Van beide zandspieringen in 2013 is wel de exacte vangplek bekend (Figuur 5.30). Ook deze werden buiten de Voordelta gevangen.



Figuur 5.29 Kaart met foerageerlocaties waar haring werd gevangen (formaat in snavellengte) en teruggebracht naar de kolonie in 2012.



Figuur 5.30 Kaart met foerageerlocaties waar zandspiering werd gevangen (formaat in snavellengte) en teruggebracht naar de kolonie in 2013.

Rustlocaties en het gebruik van rustgebieden door adulte broedende grote sterns met GPS-logger

In 2012 bleken vijf van de zes vogels tijdens foerageertochten te rusten op 10 van de 34 tochten (29%). Eén vogel rustte niet één keer tijdens de foerageervluchten. In totaal konden vijf rustlocaties worden onderscheiden (Figuur 5.31). Uit de berekeningen van tijdsbudgetten blijkt dat ongeveer 10% van de tijd in de Voordelta gebruikt wordt om te rusten tijdens de complete tochten die met de loggers zijn opgeslagen (n=15). Gemiddeld duurden de rustperiodes van grote sterns in deze studie 67 min (5 – 175 min). Twee vogels rustten op de zandplaten in het Hinderplaatgebied, terwijl één vogel ook tijdens een tocht gerust heeft op de Verklipperplaat en de Platen van het Watergat zoals te zien linksonder in Figuur 5.31 (zie ook Bijlage 4). Daarnaast hebben twee vogels het strand van de Zandmotor benut evenals de stranden en zandplaten van de Kwade Hoek om te rusten tijdens hun foerageertochten. Ook werd er gerust in de kolonie, zowel op de stranden van het broedeiland, als op naburige eilanden en de blokkendam om het gebied. De broedende vogel die werd gevolgd in 2013 rustte uitsluitend in de kolonie tussen de foerageertochten door. De mislukte broedvogels uit 2013 daarentegen rustten veelvuldig tijdens hun foerageertochten (zie verderop in dit hoofdstuk).

Habitatgebruik en foerageertrip-parameters van mislukte broedvogels met GPS-logger

In 2013 mislukten de legsels van vier van de vijf vogels met GPS-loggers korte tijd na vangst van de vogel. Wel werden in de dagen daarna nog 16 foerageertochten gelogd, waarvan er 2 compleet waren. In bijlage 4 worden voor alle loggers de detailgegevens besproken. Voor deze tochten zijn ook triplengte, tripduur en maximale afstand buiten de kolonie bepaald (Tabel 5.3).

Daarnaast maakte de vogel met de logger met zonnepanelen nog eens 46 tochten, waarvan in lage resolutie de GPS-posities zijn opgeslagen. In bijlage 4 wordt voor deze logger de foerageertochten nader besproken. Parameters als triplengte en tripduur zijn moeilijk te bepalen door de lage intensiteit aan posities per uur, echter foerageerlocaties waren wel goed aan te geven en worden ook besproken in dit hoofdstuk.

Rustlocaties en het gebruik van rustgebieden door grote sterns met GPS-logger en een mislukt broedsel

Grote sterns uitgerust met een GPS logger waarvan het broedsel mislukte in 2013 gebruikten tijdens hun foerageertochten zeer wijdverspreide rustplaatsen langs Nederlandse kust maar ook gebieden in Frankrijk werden door één vogel bezocht (bijlage 4). Regelmatig kwamen deze rustplaatsen overeen met bestaande kolonies van vogels zoals die in Réserve Naturelle Nationale du Platier d'Oye (Frankrijk), Markenje (Grevelingen), de Petten en Ottersaat (beide op Texel). Andere belangrijke rustplaatsen waren het Verkliekersstrand (zie de bijlage 4 en 8), en de Putten (bij Petten), maar binnen de Voordelta werd ook gebruik gemaakt van het Vroon bij Westkapelle, de Bollen van het Nieuw Zand, de Platen van het Watergat, de Bollen van de Ooster, de Oosterscheldekering, de Roggeplaat, de stranden bij Ouddorp, de Kwade Hoek, en de Tweede Maasvlakte

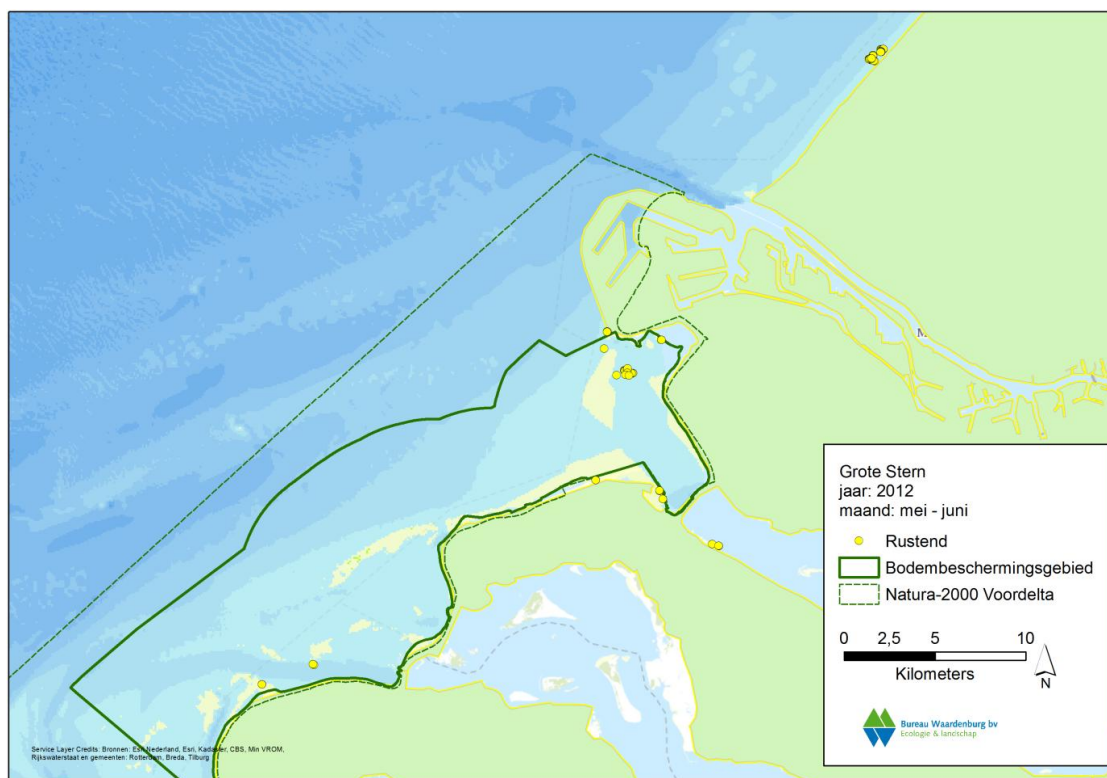
Tabel 5.3 Triplengte, tripduur en maximale afstand buiten de kolonie van alleen de complete en van alle tochten samen van grote sterns op de Scheelhoek in 2013 waarvan het broedsel is mislukt.

	Complete tochten (n = 2)*	Alle tochten (n = 16)*
Gemiddelde triplengte	56,1 ± 64,3 km (10,6 – 101,6)	113,5 ± 83,1 km (10,6 – 298,3)
Maximale afstand uit kolonie	21,5 ± 22,9 km (5,3 – 37,7)	50,7 ± 42,0 km (5,3 – 165,3)
Gemiddelde tripduur	162 ± 193 min. (25 – 298)	538 ± 1038 min. (11 – 4247)
Buiten grenzen N2000**	50%	63%
Buiten grenzen BBG***	100%	63%

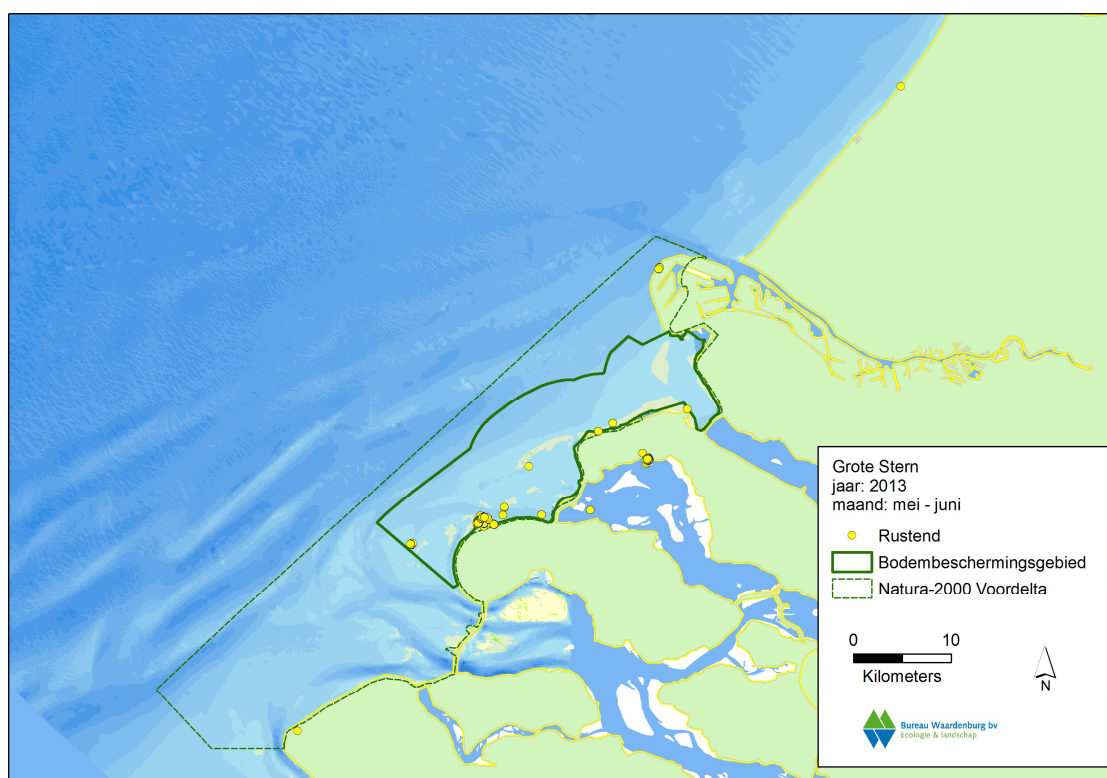
* gemiddelde ± sd (min – max)

** N2000 = Natura 2000-gebied Voordelta

*** BBG = Bodembeschermingsgebied



Figuur 5.31 Kaart met alle rustlocaties van alle sterns met GPS-loggers in 2012.



Figuur 5.32 Kaart met alle rustlocaties van alle sterns met GPS-loggers in 2013 waarvan het broedsel mislukte, bereikt tijdens tochten vanuit de Voordelta.

5.3.3.3 *Eerste gevolgtrekkingen in relatie tot de onderzoekshypothesen*

Op grond van het individueel volgen van sterns uitgerust met zenders en GPS-loggers zijn de volgende eerste gevolgtrekkingen te trekken ten aanzien het gebiedsgebruik en foeragegedrag op zee;

Hypothese 1: Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van Maasvlakte2, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

Eerste gevolgtrekkingen hypothese 1: Op basis van de gegevens verzameld met GPS-loggers is niets te concluderen ten aanzien van het aantal vogeldagen. Het onderzoek met behulp van GPS-loggers heeft onomstotelijk laten zien dat enkele adulte grote sterns met een broedsel in de Delta tot ver buiten de Voordelta pelagische vissen vangen voor de jongen in de kolonie. Hoewel het maar een paar vogels betreft, zouden met name de resultaten uit 2013 erop kunnen wijzen dat dit om een groot deel van de voedselvluchten gaat (Figuur 5.28). De relatie van het gebruik van de Voordelta door grote sterns als foerageergebied en in het bijzonder van het bodembeschermingsgebied zou ten aanzien van het voedsel voor de jonge sterns zwak kunnen zijn. De instelling van het bodembeschermingsgebied zou dan ook weinig doorwerking kunnen hebben op de aantallen grote sterns in de Voordelta indien een substantieel deel van de adulte grote sterns buiten het bodembeschermingsgebied foerageert of zelfs buiten de begrenzingen van het Natura 2000-gebied Voordelta.

Hypothese 2: Het aantal grote sterns/visdieven (adult en/of juveniel) in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

Eerste gevolgtrekkingen hypothese 2: In aansluiting op de eerste gevolgstrekking van hypothese 1 hierboven zou de stelling van hypothese 2 voor een deel waar kunnen zijn, omdat adulte grote sterns mogelijk voor een belangrijk deel buiten de Voordelta foerageren. Visdieven foerageren voornamelijk kustgebonden binnen de Voordelta. Ook voor deze soort zou de stelling deels waar kunnen zijn, omdat op de Scheelhoek deze soort sterk afhankelijk is van de uitstroming van de Haringvlietsluizen, waar zoetwatervis naar buiten wordt gespuid en daar gevangen wordt.

5.3.4 Gebiedsgebruik juvenielen

Relatie met de onderzoekshypothesen

Het onderzoek naar het gebiedsgebruik van juvenielen (tellingen op platen en kleurringonderzoek) is basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

Hypothese 1: Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van Maasvlakte2, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

Hypothese 7: Er is geen relatie tussen de voedselsituatie lokaal of elders en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta

Tijdens de vliegtuigtellingen werden regelmatig grote groepen sterns rustend op de platen in de Voordelta gezien (Figuur 5.17 en Figuur 5.18). Tijdens de tellingen van juli en augustus waren hier ook juveniele sterns aanwezig, echter voor een nauwkeurige telling van deze aantallen is het vliegtuig ongeschikt. Tijdens landtellingen op het Verklikkerstrand (Bijlage 8) bleek dat juveniele grote sterns gebruik maken van de plaat, en met name in juli nemen de

aantallen rustende sterns toe (Bijlage 8, Figuur 5.18), waaronder ook uitgevlogen juvenielen die met hun ouders op de platen verblijven. Echter, ook vanaf het land is het moeilijk om te bepalen hoeveel juvenielen nu daadwerkelijk gebruik maken van de platen en waar deze vandaan komen. Daardoor zijn in verschillende jaren pogingen ondernomen om de aantallen en de herkomst van juvenielen te bepalen op met name de belangrijkste twee platen in de Voordelta, de Bollen van de Ooster en de Verklikkersplaat.

In 2009 werden landtellingen uitgevoerd op het Verklikkerstrand. Uit deze tellingen bleek dat er maar weinig juveniele vogels aanwezig waren. Op andere plekken langs de Nederlandse kust, o.a. bij de Pier van IJmuiden en de Putten bij Camperduin (waar geen grote sterns broeden) waren wel grote aantallen juvenielen aanwezig (P. Wolf unpublished data, waarneming.nl, Fijn *et al.* 2011). Blijkbaar vertrokken de meeste succesvolle oudervogels met hun jongen direct uit het studiegebied naar gebieden elders. Uit andere jaren is dit fenomeen ook bekend, o.a. bij Zeebrugge, waar in een bepaald broedseizoen het broedsucces slecht was, maar later in het seizoen toch plotseling vele juvenielen met hun ouders opdoken toen de omstandigheden hier blijkbaar wel gunstig waren (INBO pers. comm.).

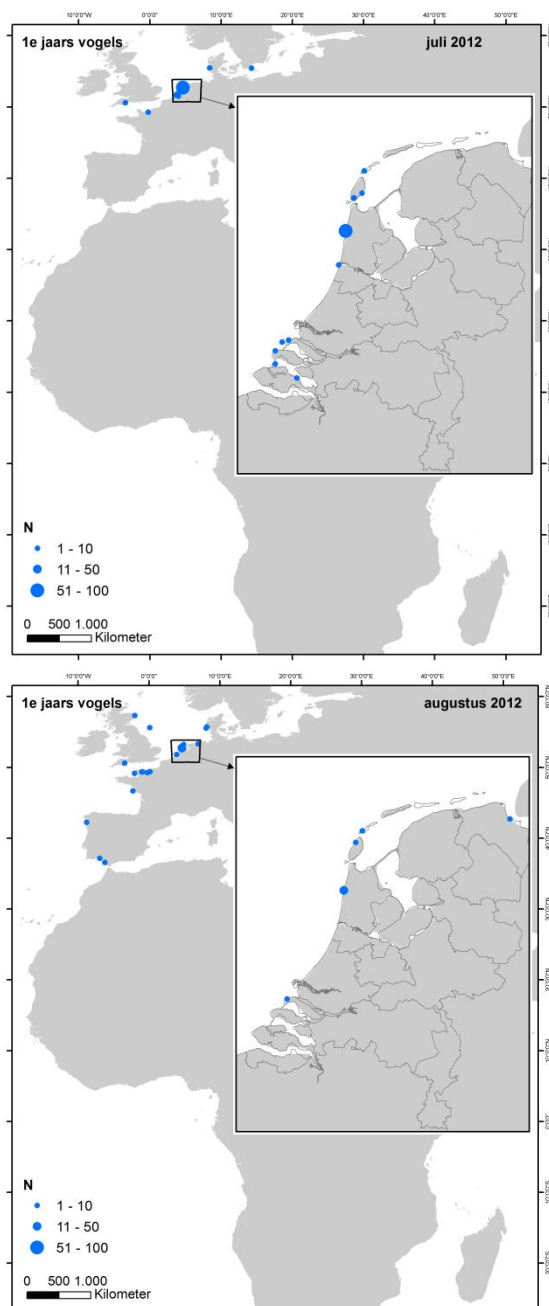
Eenzelfde beeld kwam in 2010 naar voren, toen tellingen werden uitgevoerd vanuit een zodiac op de Bollen van de Ooster, de Bollen van het Nieuwe Zand, en de Verklikkersplaat. Op 21 juli werden toen in totaal 560 grote sterns geteld, maar uitsluitend op de Bollen van de Ooster kon een percentage juvenielen van 3% worden vastgesteld.

In 2011 was het broedsucces van de grote sterns op Markenje zeer goed. Hierdoor bleken er tijdens de tellingen begin juli ook veel juveniele sterns in de Voordelta aanwezig. In totaal werden 910 grote sterns geteld op de Bollen van de Ooster, de Verklikkersplaat en de Plaat van het Watergat, met een gemiddeld jongenpercentage van ongeveer 30% op de laatste twee locaties. In dat jaar maakte een groot deel van de ouders met juvenielen korte tijd (ongeveer een week) gebruik van de platen in de Voordelta om te rusten. Vermoedelijk kwamen deze juvenielen van Markenje, maar dit kan niet door ringwaarnemingen en dergelijke bevestigd worden. Ook duiden waarnemingen in de binnendijkse gebieden later in het seizoen (bijvoorbeeld in de Weevers Inlaag, 25 juli: 648 grote sterns, waarvan 78 juveniel (12%)) er op dat vogels ook hier vertoeven, met name mogelijk tijdens hoogwater als de platen in de Voordelta niet beschikbaar zijn.

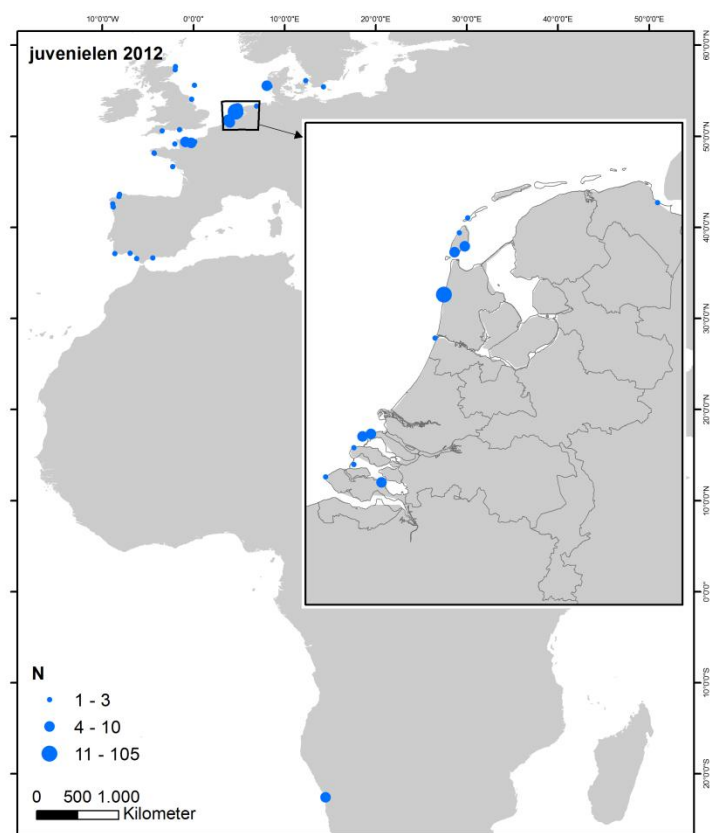
In 2012 is wederom geprobeerd om het gebruik van de platen door juveniele grote sterns vast te stellen, maar dit jaar was een groot contingent aan juvenielen in de kolonie van de Scheelhoek gekleurd. In totaal werden 484 jongen van een blauwe kleuring voorzien. Op basis van het aantal broedparen en het gemiddelde aantal jongen per paar is toen voor de kolonies op Markenje en de Scheelhoek het totaal aantal uitgevlogen jongen geschat. Voor de Scheelhoekeilanden waren dit 1.885 jongen, terwijl op Markenje 945 jongen vliegvlug werden. Op Markenje vlogen 26 jongen voorzien van een blauwe kleuring uit (2% van de jongen) en 458 op de Eilanden van Scheelhoek (24% van de jongen). De grootste aantallen jongen verlieten rond 6 juli de kolonie. Vervolgens is die dag met een Zodiac een bezoek gebracht aan de Bollen van de Ooster waar in totaal 760 grote sterns aanwezig waren. Van deze waren 84 juveniele vogels (11 %), waarvan 7 exemplaren een kleuring droegen (8%). Alle gekleurde jongen waren afkomstig van de kolonie op de Scheelhoek. Later in juli werden nog regelmatig groepen adulten met juvenielen gezien, zoals op 20 juli 115 sterns op 't Flauwe Werk waarvan 4 van de 39 juvenielen een kleuring hadden. Echter het percentage gekleurde individuen tijdens die telling (10%) was toen al substantieel lager dan het oorspronkelijk geringde aandeel (17%). Dit is een indicatie dat dit mogelijk jongen van elders

betreft. Hetzelfde geldt voor een telling op 22 juli op het Verklipperstrand toen een kleurringpercentage van 5% werd vastgesteld bij 77 juvenielen van in totaal 345 grote sterns (22% jongen). In de periode daarna werden geen juvenielen meer gezien, dus tussen 6 en 22 juli verlieten alle lokaal geboren vogels het gebied.

In jaren dat het broedsucces goed is in de noordelijke kolonies Scheelhoek en Markenje (bv. 2011 en 2012) lijken de platen in het noordelijke deel van de Voordelta van groter belang voor ouders met juvenielen dan in jaren met een laag broedsucces (2009 en 2010). Echter de verblijftijd is maar kort (een paar dagen tot twee weken), daarna verplaatsen de grote sterns met jongen zich hoofdzakelijk in noordelijke richting (Figuur 5.33), zoals in alle jaren werd vastgesteld. Er kwamen met name meldingen van Camperduin (bijna 200 van meer dan 100 terug gemelde individuen, >25% van de gekleurringde vogels). Gekleurringde juvenielen werden noordelijk tot in Noord-Schotland en Zuid-Zweden gezien, en pas in de loop van september en oktober trok dit cohort naar de Mediterrane en Afrikaanse kusten, tot aan Namibië (Figuur 5.34).



Figuur 5.33 Waarnemingen van juveniele grote sterns geringd in 2012 en teruggemeld in de periode juli - augustus 2012.



Figuur 5.34 Waarnemingen van juveniele grote sterns geringd in 2012 en terug gemeld tussen juli 2012 en mei 2013.

Eerste gevolgtrekkingen in relatie tot de onderzoekshypothesen

Op grond van het onderzoek naar het gebiedsgebruik juvenielen (tellingen op platen en kleurringonderzoek) zijn de volgende eerste gevolgtrekkingen te trekken ten aanzien het gebiedsgebruik en foerageergedrag op zee;

Hypothese 1: Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van Maasvlakte2, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

Eerste gevolgtrekkingen hypothese 1: Er is in de T0 geen specifiek onderzoek verricht naar het gebiedsgebruik van juvenielen, zodat ten aanzien van de bijdrage van juvenielen aan de jaarlijkse vogeldagen moeilijk eerste gevolgtrekkingen te verbinden zijn.

Hypothese 7: Er is geen relatie tussen de voedselsituatie lokaal of elders en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta

Eerste gevolgtrekkingen hypothese 7: In aansluiting op de eerste gevolgtrekkingen op basis van de GPS-loggerdata zou deze stelling voor een deel waar kunnen zijn, omdat adulte grote sterns wanneer zij voor hun uitgevlogen jongen foerageren mogelijk ook voor een belangrijk deel buiten de Voordelta foerageren. Belangrijker is de constatering dat onomstotelijk is komen vast te staan dat in de meeste jaren het grootste deel juveniele vogels met hun begeleidende ouders vrijwel direct uit de Delta en Voordelta vertrekken om met name naar

noordelijke kustgebieden te trekken. In sommige jaren blijven de vogels nog een korte periode hangen alvorens naar het noorden te vertrekken.

5.3.5 Gedetailleerde broedecologie van sterns in kolonies op de Scheelhoek, Markenje, en de Maasvlakte

Relatie met de onderzoekshypothesen

Het kolonie-onderzoek naar het broedsucces van grote stern en visdief en de conditie van de kuikens levert basisinformatie voor het beantwoorden van:

Hypothese 3: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

Hypothese 4: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatsinvloeden

Voor veel soorten zeevogels wordt een positieve relatie gevonden tussen het voedselaanbod/-kwaliteit en het aantal broedparen, de groei van de kuikens of het uiteindelijke broedsucces (Parsons et al., 2008). Sterns staan erom bekend dat ze vrij kieskeurig zijn als het gaat om de keuze van prooi-soorten en -lengtes. Vooral grote sterns zijn hierin erg specialistisch (Brenninkmeijer & Stienen 1992, Stienen & Brenninkmeijer 1992). Onder de zeevogels worden dergelijke voedselspecialisten algemeen beschouwd als goede indicator-soorten voor de beschikbaarheid en de kwaliteit van hun voedsel en de 'gezondheid' van het mariene milieu (o.a. Parsons et al. 2008, Stienen et al. 2013). Ook van grote stern (Stienen, 2006) en visdief (Meiningen et al., 2000) is bekend dat de fluctuaties in het aantal broedparen in Nederland worden bepaald door veranderingen in de aanwezigheid van een van hun belangrijkste prooi-soorten, namelijk haring *Clupea harengus*. Bij grote sterns die in de Waddenzee broeden bepaalt het aandeel haringachtigen in het kuikendieet en de lengte van de aangevoerde prooien de kans dat de prooien daadwerkelijk worden opgegeten en de tijd dat de oudervogels spenderen aan foerageren (Stienen, 2006). In Zeebrugge werd een positieve relatie gevonden tussen het percentage haringachtigen in het dieet van de adulte grote sterns en het uitvliegsucces van hun kuikens (Vanaverbeke et al., 2011), en dan met name van het aandeel haringachtigen van 5 tot 8 cm.

Tijdens het broedseizoen is de foerageerrange van sterns relatief beperkt (bij visdief tot maximaal 10 km en bij grote stern tot ongeveer 60 km). Hierdoor bepaalt de voedselbeschikbaarheid in de omgeving van de kolonie sterk de samenstelling van het dieet en daarmee de voedselkwaliteit (prooilengtes, aandeel energierijke prooien) van de kuikens en de adulte vogels.

Door de sterke afhankelijk van het voedselaanbod en kwaliteit is het dus best mogelijk dat er als gevolg van de aanleg en de aanwezigheid van de Tweede Maasvlakte een verandering in het voedselaanbod of de voedselkwaliteit voor grote stern en visdief is opgetreden die repercussies heeft voor het broedsucces en/of de aantallen broedende vogels in het Deltagebied. Evenzo is het mogelijk dat er door het instellen van het Bodembeschermingsgebied een verandering is opgetreden in aanbod en/of kwaliteit van het sternenvoedsel.

Het onderzoek in de kolonies richt zich op het verzamelen van basisdata over de broedbiologische parameters van sternkolonies die potentieel invloed ondervinden van de

Tweede Maasvlakte of het instellen van het Bodembeschermingsgebied. Het gaat hierbij om gedetailleerde informatie over het broedsucces van grote stern en visdief in verschillende kolonies waarbij legselgrootte, uitkomst- en uitvliegsucces worden bepaald. Ook de conditie van de kuikens en de adulte vogels wordt bestudeerd. Deze variabelen worden potentieel beïnvloed door het voedselaanbod/-kwaliteit (**Hypothese 3**, zie paragraaf 5.3.4), maar ook door niet-voedselgerelateerde factoren zoals predatie, het beheer van de kolonies en klimatologische omstandigheden (**Hypothese 4**, deze paragraaf).

Het onderzoek in de kolonies levert ook informatie over het effect van predatie van eieren en kuikens op het uiteindelijke broedsucces. Ook wordt aandacht besteed aan het effect van het beheer van de broedkolonies en eventuele calamiteiten zoals hoge waterstanden (**Hypothese 4**). Deze zaken kunnen een rechtstreeks effect hebben op de aantallen op het aantal vogeldagen van sterns in de Voordelta en het is dus van belang een goed inzicht te hebben in het reilen en zeilen van de kolonies, waar de basis kan liggen voor eventuele veranderingen in het aantal vogeldagen in de Voordelta.

5.3.5.1 *Broedsucces grote sterns*

Grote sterns zijn vanaf 2009 tot en met 2013 gevolgd in kolonies gevestigd in twee bekkens, de Grevelingen (op Markenje in 2011, 2012 en 2013) en het Haringvliet (2009, 2010, 2012 en 2013). Het broedsucces varieerde tussen de verschillende jaren en lag tussen de 0,30 en 0,85 jongen per paar (Tabel 5.4). In vergelijking met onderzoek in Zeebrugge in de jaren daarvoor (1997-2008) is dit vrij hoog.

Oorzaken en verklaringen

Een laag broedsucces kan het gevolg zijn van verliezen in de ei-fase of in de kuikenfase. Deze verliezen worden vaak gediceerd door een reeks van factoren zoals predatie van eieren of kuikens, vegetatiestructuur, een slechte voedselsituatie of weersomstandigheden. Tabel 5.5 geeft voor alle kolonies en alle jaren de procentuele verliezen van eieren en het lot van de uitgekomen kuikens weer voor alle onderzochte nesten. Hierbij dient te worden opgemerkt dat grote sterns nagenoeg nooit twee kuikens grootbrengen, ook niet als er twee eieren worden gelegd. Het tweede ei (het zogenaamde B-ei) is een soort 'back-up ei' voor als er iets mis loopt met het eerste ei. Als er een kuiken uit het tweede ei komt wordt dit meestal aan zijn lot overgelaten, waardoor het na maximaal enkele dagen sterft (Stienen & Brenninkmeijer, 2006). In Bijlage 10 wordt hier nader op ingegaan.

Tabel 5.4 Broedbiologische parameters van grote sterns gemeten in enclosures te Zeebrugge (België) in de periode 1997-2012 en in de kolonies gevolgd in 2009-2013 in de Voordelta.

Jaar	Kolonie	n legfels gevolgd	Legselgrootte (n eieren/nest)	Uitkomstsucces (%)	Uitvliegssucces (%)	Broedsucces (jongen/paar)
1997	Zeebrugge	110	1,5	58	13	0,1
2000	Zeebrugge	59	1,7	80	niet gemeten	niet gemeten
2001	Zeebrugge	52	1,1	74	70	0,6
2002	Zeebrugge	30	1,1	<1	<1	<0,1
2003	Zeebrugge	30	1,3	90	66	0,8
2004	Zeebrugge	35	1,5	90	52	0,7
2005	Zeebrugge	58	1,2	57	28	0,2
2006	Zeebrugge	60	1,5	47	48	0,3
2007	Zeebrugge	57	1,4	52	63	0,4
2008	Zeebrugge	34	1,4	40	5	0
2009	Zeebrugge	4	1,3	0	0	0
2010	Zeebrugge	0	0,0	0	0	0
2011	Zeebrugge	0	0,0	0	0	0
2012	Zeebrugge	0	0,0	0	0	0
2009	Scheelhoek	49	1,4	78	44	0,49
2010	Scheelhoek	55	1,8	78	32	0,45
2012	Scheelhoek	47	1,6	95	38	0,57
2013	Scheelhoek	32	1,7	87	43	0,63
2011	Markenje	41	1,6	86	63	0,85
2012	Markenje	50	1,5	88	42	0,54
2013	Markenje	56	1,8	30	55	0,30

Tabel 5.5 Procentuele verliesoorzaken van eieren en lot van alle kuikens van grote sterns per onderzochte kolonie per jaar in de Delta (2009-2013).

Jaar	Kolonie	Eifase			Kuikenfase	
		verlaten etc.	predatie	dood gevonden	predatie	uitgevlogen
2009	Scheelhoek	12	10	15	41	44
2010	Scheelhoek	19	3	64	4	32
2012	Scheelhoek	5	0	58	4	38
2013	Scheelhoek	13	0	48	9	43
2011	Markenje	12	2	11	27	63
2012	Markenje	12	0	38	20	42
2013	Markenje	36	34	10	35	55

Verliezen in de ei-fase zijn te wijten aan het verlaten van het nest (bijvoorbeeld wanneer een van de ouders iets overkomt of wanneer deze in slechte conditie verkeert), eieren die als gevolg van een calamiteit uit het nest rollen en kuikens die niet uit het ei geraken enerzijds en aan predatie (bij grote stern meestal door meeuwen) anderzijds.

- Predatie van eieren heeft in geen enkel jaar een grote invloed gehad in de onderzochte kolonies (Tabel 5.5). Enkel op Markenje was er in 2013 vrij veel predatie van eieren (34%). In de meeste gevallen ging het hierbij om eieren die verlaten waren na hevige neerslag of die sowieso niet zouden zijn uitgekomen (zie hieronder bij weersomstandigheden).

- Weersomstandigheden hebben in de meeste gevallen geen grote invloed gehad tijdens de ei-fase van grote stern tijdens de onderzoeksjaren. Een uitzondering hierop was Markenje in 2013. Daar hadden de eieren na een periode van hevige neerslag half mei een coating van vuil gekregen. Een groot aantal nesten werd hierna verlaten. In veel andere gevallen slaagden de kuikens er niet in uit te pikken, omdat de eischaal niet openbrak. Veel van de verlaten nesten werden gepredeerd.
- Hoge waterpeilen hebben in geen enkel jaar invloed gehad op het uitkomstsucces van grote sterns op de Scheelhoek-eilanden noch op Markenje. In tegenstelling tot veel visdieven kozen de grote sterns voor de iets hoger gelegen delen van de eilanden, waardoor het water bij een extreem hoog peil in het slechtste geval tot net aan de rand van de kolonie kwam (2009).

Verliezen in de kuikenfase kunnen een gevolg zijn van kuikenpredatie (vooral door bruine kiekendief, havik, kleine mantelmeeuw en zwartkopmeeuw), weersomstandigheden of een ongunstige voedselsituatie. Ook kan het zijn dat een kuiken door zijn ouders in de steek wordt gelaten of dat één van de ouders sterft (dit is moeilijk na te gaan wanneer vogels niet allemaal worden gemerkt).

- Predatie van kuikens: Gemiddeld werd 18% (min 4% – max 41%) van de kuikens gepredeerd (Tabel 5.5). Een kuiken werd als gepredeerd beschouwd indien het na eerdere controle niet meer werd teruggevonden of als het ei was uitgekomen en het kuiken niet werd aangetroffen bij volgende controle, behalve wanneer het kuiken groot genoeg was om over de enclosure te vliegen (vleugellengte > 220 mm). Wanneer de legvolgorde van de eieren in acht wordt genomen blijkt dat van de kuikens uit A-eieren (i.e. eerst gelegde ei van een twee-legsel) slechts 4% werd gepredeerd en van de kuikens uit één-legsels 12% (zie verder Bijlage 10). Van kuikens uit B-eieren (i.e. tweede ei van een twee-legsel) werd 29% gepredeerd, maar zoals gezegd fungeren de B-kuikens (i.e. kuiken uit een B-ei) als een soort reserve voor het geval er iets mis gaat met het eerste kuiken. De gepredeerde kuikens verkeerden bij de laatste controle over het algemeen reeds in een slechte conditie (zie Bijlage 10). Predatie van kuikens heeft dus in de onderzoeksjaren slechts een geringe invloed gehad op het broedsucces van de grote stern.
- Het percentage kuikens dat dood werd gevonden lag voor de verschillende onderzochte kolonies tussen de 10 en de 64% (gemiddeld 39%). Van de kuikens uit A-eieren werd 36% dood gevonden en van de kuikens uit één-legsels 24%. Dit zijn kuikens die gestorven zijn doordat ze in slechte conditie verkeren als gevolg van weersomstandigheden, voedselomstandigheden, verlaten door oudervogels etc. (zie verder Bijlage 10).

5.3.5.2 *Broedsucces visdief*

Visdieven zijn vanaf 2009 tot en met 2013 gevolgd in meerdere kolonies in verschillende bekkens, te weten Markenje in de Grevelingen, op de Scheelhoek en de Slijkplaat in het Haringvliet en de Vogelvallei en de Visdifeiland Slufter op de Maasvlakte (zie Tabel 5.6). Het broedsucces varieerde sterk tussen de verschillende jaren en kolonies en lag tussen de 0,0 en 1,2 jongen per paar (gemiddeld 0,36/paar). In vergelijking met onderzoek in Zeebrugge in de jaren daarvoor (1997-2012) is het broedsucces vrij laag. Opmerkelijk is de grote variatie in broedsucces tussen de verschillende Delta-kolonies binnen de jaren (bv. Vogelvallei (0,0) en Scheelhoek (1,18) in 2012). De legselgrootte en uitkomstsucces waren vaak vergelijkbaar binnen jaren maar het uitvliegssucces was sterk verschillend.

Oorzaken en verklaringen

Tabel 5.6 geeft voor alle kolonies en alle jaren de procentuele verliezen van eieren en het lot van de uitgekomen kuikens weer voor alle onderzochte nesten. In tegenstelling tot de grote stern kunnen visdieven onder goede omstandigheden wel twee of drie kuikens grootbrengen.

Verliezen in de ei-fase zijn enerzijds te wijten aan het verlaten van het nest (bijvoorbeeld wanneer een van de ouders iets overkomt of in slechte conditie verkeert), eieren die uit het nest rollen en kuikens die niet uit het ei geraken en anderzijds aan predatie (bij visdief in de onderzochte kolonies vaak door scholekster en in mindere mate door meeuwen).

- Predatie van eieren leidde samen met het verlaten van nesten in de meeste jaren tot een verlies van 10 tot 20% van de eieren. Uitzonderingen hierop zijn de Scheelhoek in 2009 en de Vogelvallei in 2012 toen veel nesten werden verlaten/gepredeerd als gevolg van een te sterke vegetatie-ontwikkeling. In 2011 werden op de Scheelhoek vrij veel legsels gepredeerd door een scholekster.
- Weersomstandigheden hebben in geen enkel onderzoeksjaar een grote invloed gehad tijdens de ei-fase van visdief.
- Hoge waterpeilen op de Scheelhoek eilanden hebben er in 2009 en 2012 voor gezorgd dat een gedeelte van de nesten van de visdief is weggespoeld. Vaak kozen de vogels voor de iets minder sterk begroeide randzones van de eilanden, waardoor ze een grotere kans liepen om weg te spoelen. De impact hiervan kon niet worden bepaald aan de hand van het enclosure-onderzoek aangezien deze nooit in de impactzone lag.
- De vegetatiestructuur heeft op de Scheelhoek in 2009 en op de Vogelvallei in 2012 een sterk effect gehad. In beide gevallen schoot de vegetatie rond de nesten zo snel hoog op dat de nesten werden verlaten waardoor ook de predatiekans sterk steeg.

Tabel 5.6 Broedbiologische parameters van de visdief gemeten in enclosures in de referentiekolonie te Zeebrugge (België) in de periode 1997-en in de kolonies gevolgd in 2009-2013 in de Voordelta.

Jaar	Kolonie	N legsels gevolgd	Legselgrootte (n eieren/nest)	Uitkomstsucces (%)	Uitvliegsucces (%)	Broedsucces (jongen/paar)
1997	Zeebrugge		2,4	78	65	1,2
1998	Zeebrugge		2,5	77	61	1,2
1999	Zeebrugge		2,5	78	67	1,3
2000	Zeebrugge	52	2,3	91	37	0,8
2001	Zeebrugge	35	2,3	80	74	1,4
2002	Zeebrugge	34	2,2	79	8	0,1
2003	Zeebrugge	46	2,6	87	74	1,7
2004	Zeebrugge	37	2,1	81	38	0,7
2005	Zeebrugge	25	2	80	36	0,6
2006	Zeebrugge	32	2	50	81	0,8
2007	Zeebrugge	33	2,7	92	90	2,2
2008	Zeebrugge	47	2,4	88	86	1,8
2009	Zeebrugge	69	1,5	0	0	0,0
2010	Zeebrugge	35	2,3	14	82	0,3
2011	Zeebrugge	28	2,8	96	61	1,6
2012	Zeebrugge	21	2,2	30	0	0,0
2009	Slijkplaat	42	2,4	83	10	0,19
2009	Scheelhoek	58	2,3	54	30	0,37
2010	Scheelhoek	31	2,5	81	23	0,45
2011	Scheelhoek	24	2,6	74	39	0,75
2012	Scheelhoek	55	2,3	80	64	1,18
2013	Scheelhoek	28	2,3	87	38	0,75
2010	Markenje	22	2,5	91	18	0,41
2011	Markenje	26	2,3	85	0	0,0
2012	Markenje	33	2,5	84	22	0,45
2013	Markenje	41	2	83	29	0,49
2010	Vogelvallei	45	2,6	80	1	0,02
2011	Vogelvallei	29	2,5	89	0	0,0
2012	Vogelvallei	32	2,4	32	0	0,0
2011	Visdiefeland	46	2,7	86	0	0,0
2012	Visdiefeland	18	2,5	87	18	0,39

Verliezen in de kuikenfase kunnen een gevolg zijn van kuikenpredatie (door bruine kiekendief, havik, kleine mantelmeeuw, zwartkopmeeuw etc.), weersomstandigheden of een ongunstige voedselsituatie. Ook kan het zijn dat een kuiken door zijn ouders in de steek wordt gelaten of dat één van de ouders sterft.

- **Predatie van kuikens:** Predatie was in bijna elk jaar de belangrijkste doodsoorzaak van visdiefkuikens (Tabel 5.7). In veel gevallen ging het hierbij om kuikens in slechte conditie die het vlieg vlugge stadium waarschijnlijk niet zouden bereiken (zie Bijlage 10). In een aantal gevallen had predatie evenwel een heel sterk effect op het broedsucces. Zowel in de Vogelvallei als op de Scheelhoek werden respectievelijk op één na alle en ongeveer de helft van alle net niet vlieg vlugge kuikens gepredeerd door een havik in 2010. Ook op het Visdiefeland werden in 2012 systematisch kuikens door een havik geroofd.

- Het is niet eenvoudig om de kans op predatie los te koppelen van de weersomstandigheden tijdens het broedseizoen. Tijdens perioden van storm wordt vaak verhoogde predatie door meeuwen vastgesteld (Veen 1977; waarnemingen INBO). Enerzijds kan dit komen omdat de predatoren in de sternenuikens een makkelijke voedselbron zien tijdens slecht weer, anderzijds kunnen slechte weersomstandigheden ervoor zorgen dat de adulte sterns minder succesvol kunnen foerageren, waardoor de kuikens verzwakken en vatbaarder zijn voor predatie. In een aantal gevallen waren de kuikens mogelijk al dood voordat ze gepredeerd worden, waardoor er eerder sprake was van opruiming. Een storm van enkele dagen in juni 2011 had als gevolg dat er zowel op Markenje, de Vogelvallei als het Visdiefeiland veel predatie plaatsvond. Daarnaast werden op het Visdiefeiland erg veel dode kuikens aangetroffen (als gevolg van een combinatie van onderkoeling en een gebrek aan voedselaanvoer).

Tabel 5.7 Procentuele verliesoorzaken van eieren en lot van alle kuikens van visdief per onderzochte kolonie per jaar in de Delta (2009-2013).

Kolonie	Jaar	Eifase			Kuikenfase	
		verlaten etc.	Predatie	Dood gevonden	Predatie	Uitgevlogen
Markenje	2010	2	7	20	62	18
Markenje	2011	5	10	15	85	0
Markenje	2012	16	0	22	56	22
Markenje	2013	17	0	29	38	33
Scheelhoek	2009	47		9	61	30
Scheelhoek	2010	10	9	35	44	21
Scheelhoek	2011	9	18	17	44	39
Scheelhoek	2012	12	9	13	23	64
Scheelhoek	2013	8	5	36	26	38
Slijkplaat	2009	13		19	71	10

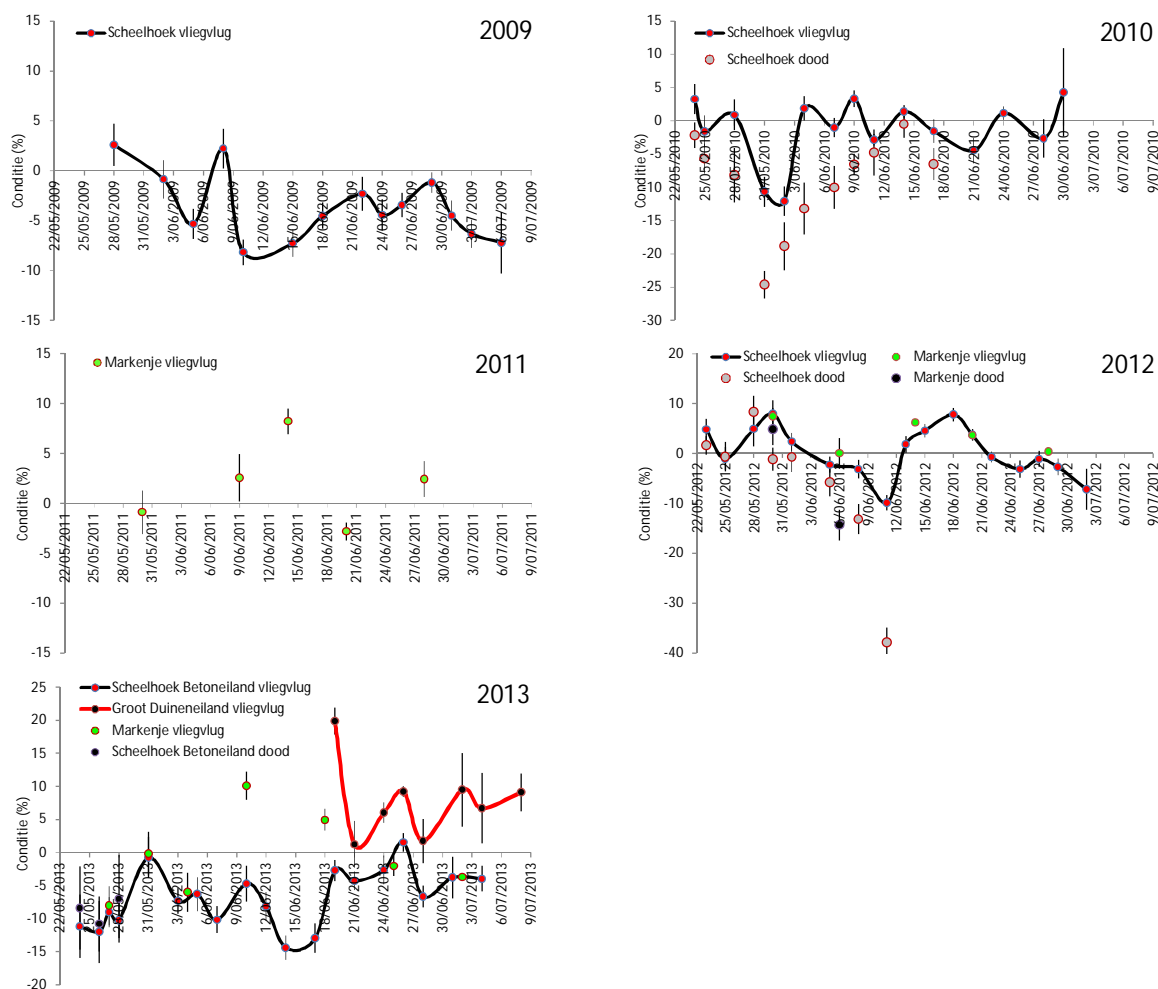
5.3.5.3 *Conditie grote stern*

Kuikens

Figuur 5.35 laat voor elk jaar (2009-2013) en alle onderzochte kolonies de fluctuatie in de kuikenconditie van alle vlieg vlug geworden kuikens zien. Ook zijn de conditie van de A- en 1-kuikens die dood werden gevonden weergegeven (behalve voor Scheelhoek 2009, Scheelhoek Groot Duineneiland 2013 en Markenje 2011 & 2013 toen telkens slechts één kuiken stierf). In elk jaar zijn vrij sterke fluctuaties te zien die mogelijk gerelateerd zijn aan voedselkwaliteit en/of -kwantiteit, maar ook aan weersomstandigheden. Kuikens die dood werden gevonden hadden na de eerste week een slechtere gemiddelde conditie dan kuikens die vlieg vlug werden (zie ook Bijlage 10). In de eerste week was dat verschil meestal klein of zelfs helemaal niet aanwezig, maar in de dagen erna waren de dood gevonden kuikens veel lichter dan de kuikens die uiteindelijk uitvlogen. Tijdens de laatste dagen voor het uitvliegen van de kuikens werden nauwelijks nog dode kuikens gevonden. In twee jaren (2012 en 2013) werd zowel op de Scheelhoek als op Markenje een kolonie gevolgd. In 2012 liepen de condities in beide kolonies vrij gelijk, in 2013 echter hadden de vogels op Markenje halfweg juni een betere conditie dan de kuikens op de Scheelhoek. De kuikens van een late vestiging op de Scheelhoek (Groot Duineneiland) hadden eveneens een veel betere conditie dan kuikens van de eerste vestiging (Betoneiland).

Adulten

Als maat voor de gemiddelde conditie van adulte grote sterns werd het gemiddelde gewicht van broedende adulten gevangen in de tweede helft van mei en de eerste week van juni genomen. Tabel 5.8 geeft de gemiddelde gewichten van de adulte vogels gevangen op de Scheelhoek-eilanden weer in de periode 2009-2013.



Figuur 5.35 Conditie-index (+s.e.) per datum van vlieg vlug geworden kuikens van de grote stern in de onderzochte kolonies in het Deltagebied in de periode 2009-2013. De conditie is hier uitgedrukt als de procentuele afwijking van de lichaamsconditie (relatie tussen de kopsnavellengte (mm) en het gewicht (g)) van de kuikens ten opzichte van het gemiddelde voor Zeebrugge.

Tabel 5.8 Gemiddeld gewicht van adulte grote sterns gevangen op de Scheelhoekeilanden in de periode 2009-2013.

Jaar	Gewicht (g)
2009	236,7
2010	252,0
2012	246,4
2013	228,4

5.3.5.4 Conditie visdief

Kuikens

De kuikenconditie van visdieven verschilde sterk tussen de verschillende kolonies onderling en tussen de verschillende jaren (Anova; $p < 0,001$). In 2009 en 2011 was de conditie van de kuikens op de Scheelhoek beter dan in 2010 en 2012. Op Markenje was 2011 een zeer slecht jaar, terwijl in 2012 de conditie bovengemiddeld was. In de Vogelvallei was dit precies omgekeerd met goede condities in 2011 en slechte in 2010 en 2012 (Figuur 5.36). In 2013 was de gemiddelde conditie op Markenje vergelijkbaar met die in 2012, op de Scheelhoek verkeerden de kuikens echter in opmerkelijk slechtere conditie.

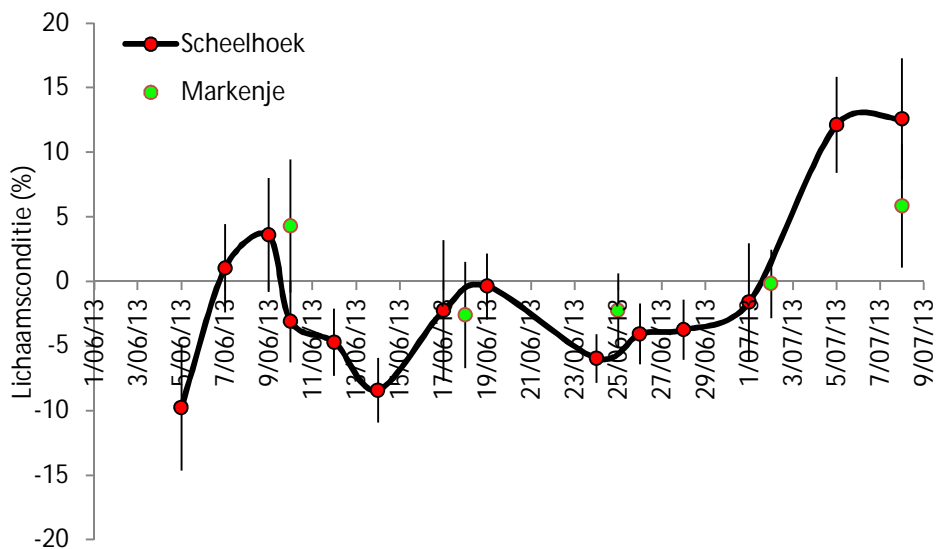
Figuur 5.37 geeft het verloop weer van de kuikencondities in de loop van het seizoen in 2013 voor de Scheelhoek en Markenje. Hieruit blijkt dat hoewel de gemiddelde jaarlijkse kuikenconditie in Figuur 5.36 voor Markenje hoger ligt dan die op de Scheelhoek, dit in werkelijkheid waarschijnlijk niet het geval was. Het lijkt er eerder op dat de weinige metingen op Markenje toevallig plaats vonden op dagen dat de kuikens in relatief goede conditie verkeerden. Dit geeft aan dat frequente metingen nodig zijn om een goed beeld van het reële conditieverloop te krijgen.

Adulten

Als maat voor de gemiddelde conditie van adulte visdieven werd het gemiddelde gewicht van broedende adulten gevangen in de eerste helft van juni genomen. Tabel 5.9 geeft de gemiddelde gewichten van de adulte vogels gevangen op de Scheelhoek, de Vogelvallei en de Slijkplaat weer in de periode 2009-2013.



Figuur 5.36 Variatie in de gemiddelde jaarlijkse lichaamsconditie van visdiefkuikens in alle onderzochte kolonies in de Voordelta (2009-2013).



Figuur 5.37 *Conditie per datum van vlieg vlug geworden kuikens van de visdief op Markenje en Scheelhoek in 2013. De conditie is hier uitgedrukt als de procentuele afwijking van de lichaamsconditie (relatie tussen de kopsnavellengte (mm) en het gewicht (g)) van de kuikens ten opzichte van de referentieconditie voor het Deltagebied.*

Tabel 5.9 *Gemiddeld gewicht van adulte visdieven gevangen op de Scheelhoek eilanden, de Vogelvallei en de Slijkplaat in de periode 2009-2013.*

Kolonie	Jaar	Gewicht (g)	Kolonie	Jaar	Gewicht (g)
Scheelhoek	2009	124,9	Vogelvallei	2010	122,3
Scheelhoek	2010	117,4	Vogelvallei	2011	119,1
Scheelhoek	2011	121,0	Vogelvallei	2012	118,0
Scheelhoek	2012	123,8			
Scheelhoek	2013	125,5	Slijkplaat	2009	122,7

5.3.5.5 *Eerste gevolgtrekkingen in relatie tot de onderzoekshypothesen*

Op grond van het onderzoek naar het broedsucces van grote stern en visdief en de conditie van de kuikens zijn de volgende eerste gevolgtrekkingen te trekken;

Hypothese 3: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

Eerste gevolgtrekkingen hypothese 3: In verschillende jaren zijn aanwijzingen gevonden dat het aantal broedende sterns en het broedsucces (indirect) afhangt van het voedselaanbod in de Voordelta. Een kwalitatief goed voedselaanbod zorgt ervoor dat predatie in de kuikenfase beperkt blijft (door goede conditie kuikens en het langer bij kuikens aanwezig zijn door oudervogels) waardoor het broedsucces hoger wordt en daarmee de aantallen uitgevlogen jongen.

Hypothese 4: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatinvloeden

Eerste gevolgtrekkingen hypothese 4: In verschillende jaren zijn er aanwijzingen dat het aantal broedende sterns en het broedsucces wordt beïnvloed door het beheer van het broedgebied (beide soorten), predatie in de kolonie (met name visdief), en klimaatinvloeden (beide soorten, waarbij slecht weer de oorzaak was van verhoogde predatie).

- 5.3.6 Gedetailleerd onderzoek voedsel生态学 van sterns in kolonies op de Scheelhoek, Markenje, en de Maasvlakte

Relatie met de onderzoekshypothesen

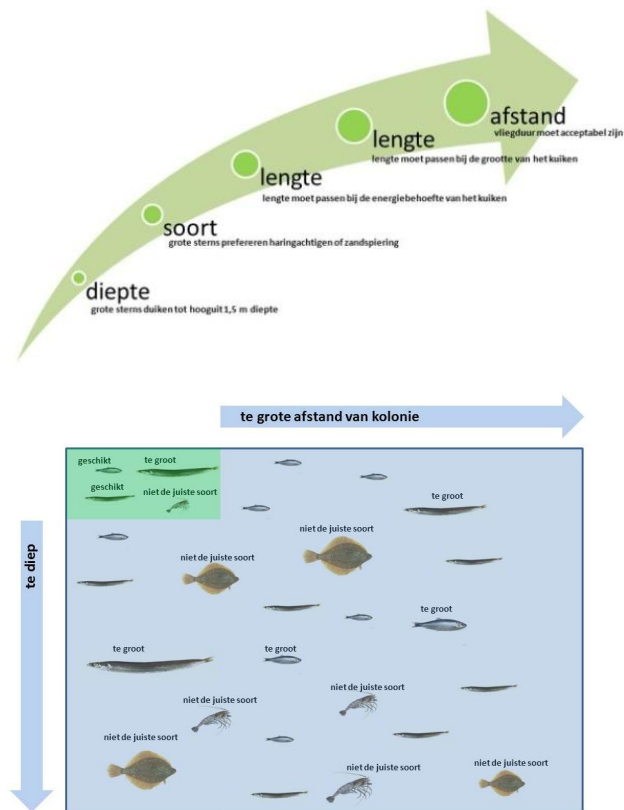
De voedsel生态学 van grote stern en visdief en informatie over de prooiaanvoer en de dieetsamenstelling van kuikens en adulten vormen basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

Hypothese 2: Het aantal grote sterns/visdieven (adult en/of juveniel) in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

Hypothese 4: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatinvloeden.

Hypothese 7: Er is geen relatie tussen de voedselsituatie lokaal of elders en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta

Sterns zijn superspecialisten op vlak van hun voedsel生态学. Ze zijn afhankelijk van slechts enkele prooi-soorten (Brenninkmeijer & Stienen, 1992; Stienen & Brenninkmeijer, 1992). Deze moeten zich bovendien in de bovenste meter van de waterkolom bevinden (Figuur 5.38). In de broedtijd komen daar nog twee beperkingen bovenop: de vissen moeten zich op een niet al te grote afstand van de kolonie bevinden (zodat voldoende vissen per dag kunnen worden aangebracht om aan de energetische behoefte van de kuikens te voldoen) en de prooilengtes die geschikt zijn voor de kuikens zijn vrij beperkt.



Figuur 5.38 Schematische voorstelling van de verschillende beperkingen die de prooikeyze van grote sterns beïnvloeden.

Het voedselaanbod en de voedselkwaliteit kan één van de drijvende krachten zijn achter het lot van sternenuikens en dus het broedsucces. Dit kan weer een invloed hebben op het aantal vogeldagen in de Delta. Bij aanvang van het onderzoek bestond er weinig specifieke kennis over de voedselsamenstelling en het foerageergedrag van grote stern en visdief in het noordelijk Deltagebied (Meininger et al. 2000). Mede hierdoor was het onmogelijk om op voorhand de effecten van de aanleg van de Tweede Maasvlakte en het instellen van het Bodembeschermingsgebied juist in te schatten.

Het onderzoek richtte zich daarom in eerste instantie op het verzamelen van basiskennis over het dieet van kuikens (procentuele soortensamenstelling, prooilengtes, energetische waarde, foerageerduur) in enkele kolonies in de nabijheid van de van de Tweede Maasvlakte. Ook het dieet van de oudervogels werd onderzocht. Dat laatste werd gedaan omdat van andere kolonies bekend was dat het dieet van volwassenen een sterk verschillende samenstelling heeft van dat van kuikens en dit zowel naar prooi-soorten als naar de lengteverdeling van de prooien (Vanaverbeke et al., 2007).

Een belangrijk aspect van het sternenvoedsel betreft de kwaliteit. Hieronder wordt verstaan de dieetsamenstelling en de lengtefrequentieverdeling van de prooivissen. Uit voorgaand onderzoek is bijvoorbeeld bekend dat haringachtigen in andere kolonies belangrijk zijn voor het grootbrengen van sternenuikens omdat dit de energierijkste prooivissen zijn (Brenninkmeijer & Stienen, 1992; Stienen & Brenninkmeijer, 1992, Stienen 2006). De procentuele dieetsamenstelling geeft op die manier een inzicht in het al dan niet aanwezig

zijn van bepaalde prooi-soorten in de ruime omgeving van de broedkolonies, waarbij visdief eerder een beeld geeft van de nabije omgeving van de kolonie en grote stern van de ruimere omgeving gezien het verschil in foerageerafstand. Ook is bekend dat de lengteverdeling en de energetische waarde ervan van de aangevoerde prooi een grote rol speelt, de prooivissen mogen noch te groot, noch te klein zijn voor het succesvol grootbrengen van een kuiken. Het dieet van adulte vogels kan dan weer bepalend zijn voor hun broedprestaties waarbij adulte vogels in goede conditie allicht grotere legsel produceren en beter in staat zijn de eieren succesvol uit te broeden en de kuikens groot te brengen.

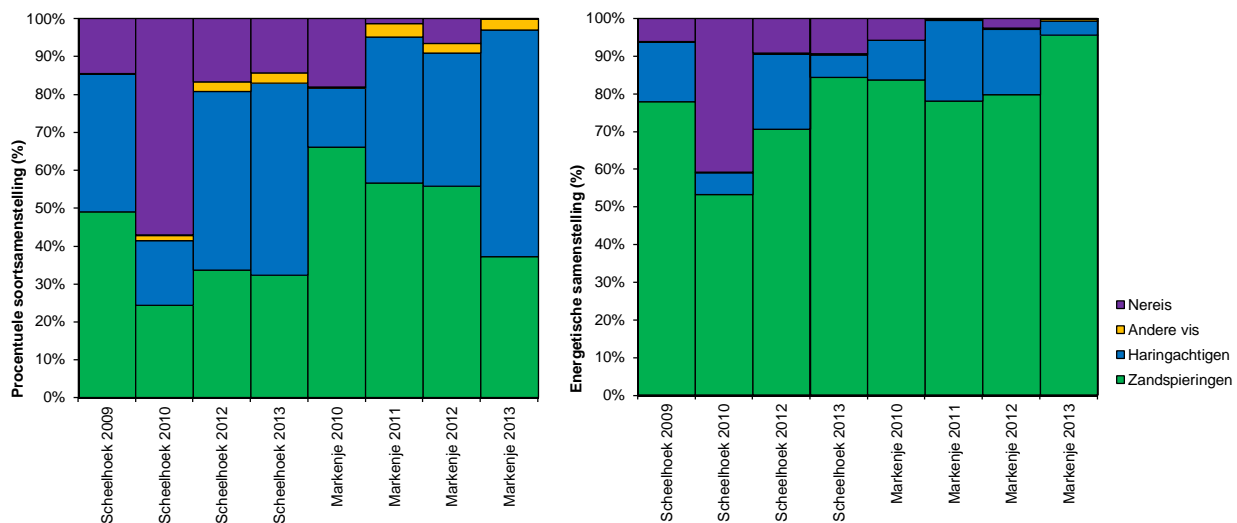
De hier verzamelde data geven via de gemeten foerageerduur die nodig is om prooivissen van een bepaalde soort en lengte naar de kolonie te brengen een indicatie van het effectieve voedselaanbod in de noordelijke Delta. De bevindingen over de voedselsamenstelling in de kolonie moeten vervolgens worden getoetst aan data verkregen via visbemonsteringen (IMARES en de speciale pelagische visbemonsteringen in ondiep water onder foeragerende sterns): weinig haring in het dieet kan bijvoorbeeld er op wijzen dat er effectief weinig haring aanwezig is, dat de haring te ver van de kolonie verwijderd is om profijtelijk te zijn om op te foerageren of dat bijvoorbeeld zandspiering zo abundant aanwezig is dat deze soort profijtelijker is om aan de kuikens te voeren.

5.3.6.1 *Dieet en foerageergedrag grote stern*

Dieet adulten

Figuur 5.39 geeft de procentuele soortensamenstelling (op basis van aantallen) en de energetische compositie van het dieet van adulte grote sterns in de Scheelhoek en Markenje van 2009 tot en met 2013 op basis van de voedselresten die werden aangetroffen in faecesmonsters. Hoewel de procentuele voedselsamenstelling van de oudervogels sterk varieerde, bestond het leeuwendeel elk jaar uit haringachtigen *Clupeidae*, zandspieringen *Ammodytidae* en *Nereis* sp. Crustacea werden slechts in geringe mate (meestal <1%) in het dieet aangetroffen.

Globaal gezien is er een duidelijk verschil tussen de procentuele soortensamenstelling van het adulte dieet zowel tussen de beide kolonies (chi-kwadraat toets, $X^2 = 553,0$ $p < 0,001$) als binnen de kolonies tussen de verschillende jaren (Scheelhoek $X^2 = 653,0$; Markenje $X^2 = 358,6$; $p < 0,001$; Figuur 5.39). In alle jaren waarin beide kolonies waren bezet lag het percentage *Nereis*-wormen hoger op de Scheelhoek en het percentage zandspiering hoger op Markenje.



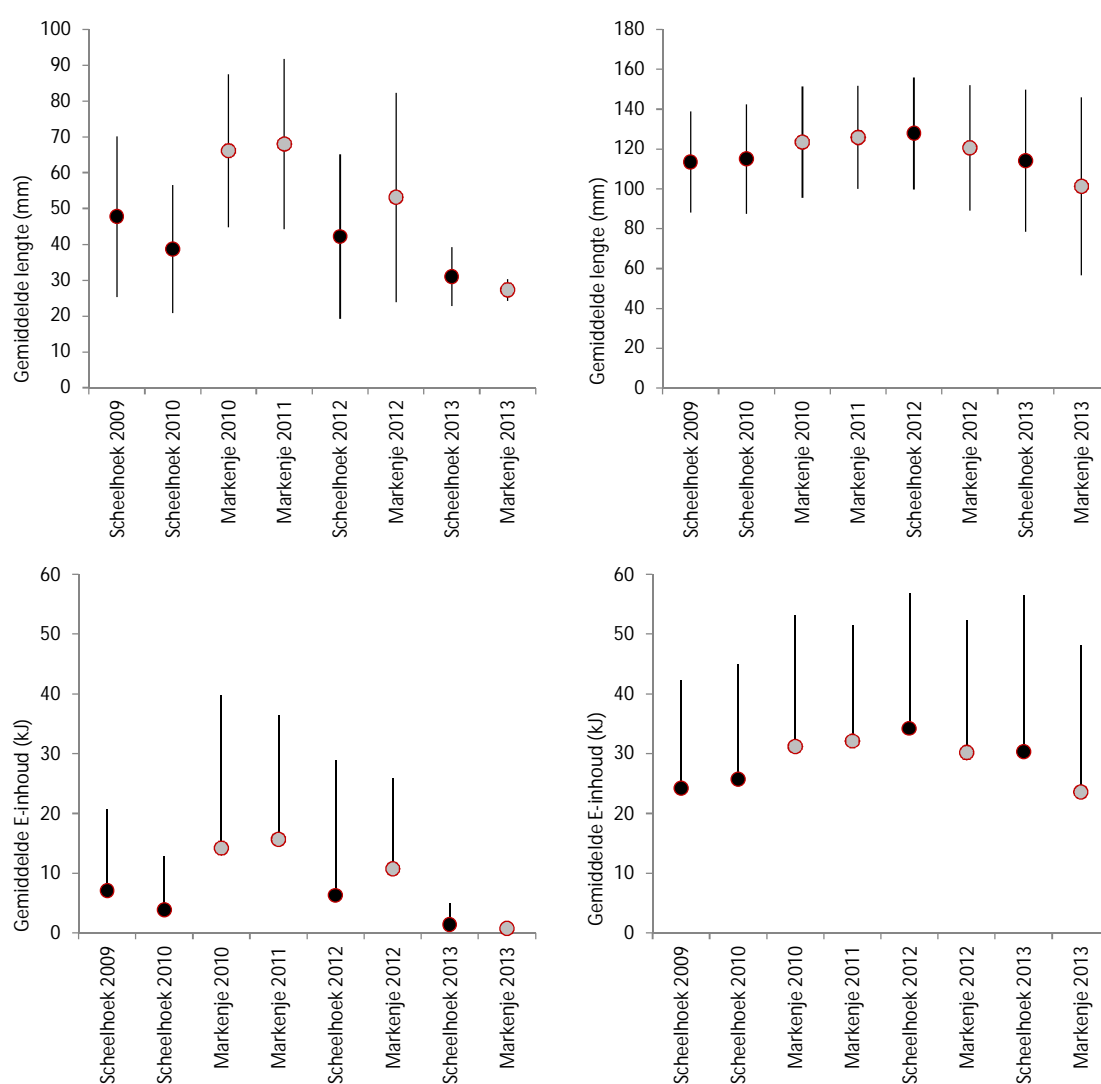
Figuur 5.39 Procentuele soortsaamenstelling op basis van gewicht (links) en energetische saamenstelling (rechts) van het dieet van adulte grote sterns (gebaseerd op het totale aantal otolieten van vissoorten, het aantal kaken van *Nereis*-wormen en het aantal te onderscheiden restanten (b.v. scharen van krab, kieuwen en pantser van garnaal) van Crustacea in de Scheelhoek en Markenje (2009-2013) op basis van faecesanalyse. Crustacea en *Nereis*-wormen werden gegroepeerd onder 'invertebraten', Crustacea maken slechts een gering percentage hiervan uit (meestal <1%).

Ondanks het feit dat haringachtigen vaak een groot deel van het adulte dieet uitmaken is het energetische belang van haringachtigen gering tegenover dat van de zandspiering (Figuur 5.39). In de meeste jaren werd 70 tot 85% van het energie-budget van adulte vogels uit zandspiering gehaald tegenover 5 tot 20% uit haringachtigen. Dit is een gevolg van het feit dat de haringachtigen die door adulten worden gegeten veel kleiner zijn dan de zandspieringen, wat zich vertaalt in een veel lagere energie-inhoud (Figuur 5.40). Gemiddeld is dit voor de meest geconsumeerde lengtes van haringachtigen (2 tot 7 cm) 4,6 kJ, en voor zandspieringen (10 tot 14 cm) 25,8 kJ. *Nereis*-wormen maakten in de meeste jaren 0 tot 10% van het energie-budget uit. Uitzondering hierop is 2010 toen op de Scheelhoek ruim 40% van de energie uit *Nereis* sp. werd gehaald. Andere vis maakte in geen enkel jaar meer dan 0,5% uit van de energiewaarde. De energetische saamenstelling van het dieet binnen beide kolonies verschilde tussen jaren (chi-kwadraat toets, Scheelhoek $X^2 = 68,6$; Markenje $X^2 = 23,3$; $p < 0,001$), maar niet tussen kolonies in hetzelfde jaar, dit met uitzondering van 2010 ($X^2 = 34,5$; $p < 0,001$).

Zowel de lengte als de energie-inhoud van de haringachtigen in het dieet van adulte grote sterns verschilt sterk tussen jaren (ANOVA; $p < 0,001$) en tussen de onderzochte kolonies (t-test; $p < 0,05$; Figuur 5.40). Bij zandspiering zijn er tussen jaren eveneens verschillen in lengte en energie-inhoud (ANOVA; $p < 0,001$), maar het relatieve verschil in energie-inhoud is veel minder groot dan bij de haringachtigen (een factor 1,4 voor zandspiering tegenover een factor 20 voor haringachtigen).

In 2013 werd gestart met een onderzoek waarbij elke drie dagen (Scheelhoek) of elke week (Markenje) monsters van adulte faeces werden verzameld. Het doel hiervan was om inzicht te krijgen in de eventuele veranderingen in dieetsaamenstelling vanaf de start van de ei-leg tot

het uitvliegen van de kuikens. Voor de voorlopige resultaten van dit onderzoek wordt verwezen naar Bijlage 11.



Figuur 5.40 Gemiddelde lengte (mm + s.d.; boven) en E-inhoud (kJ + s.d.; onder) van haringachtigen (links) en zandspieringen (rechts) aangetroffen in het dieet van adulte grote sterns in de onderzochte kolonies.

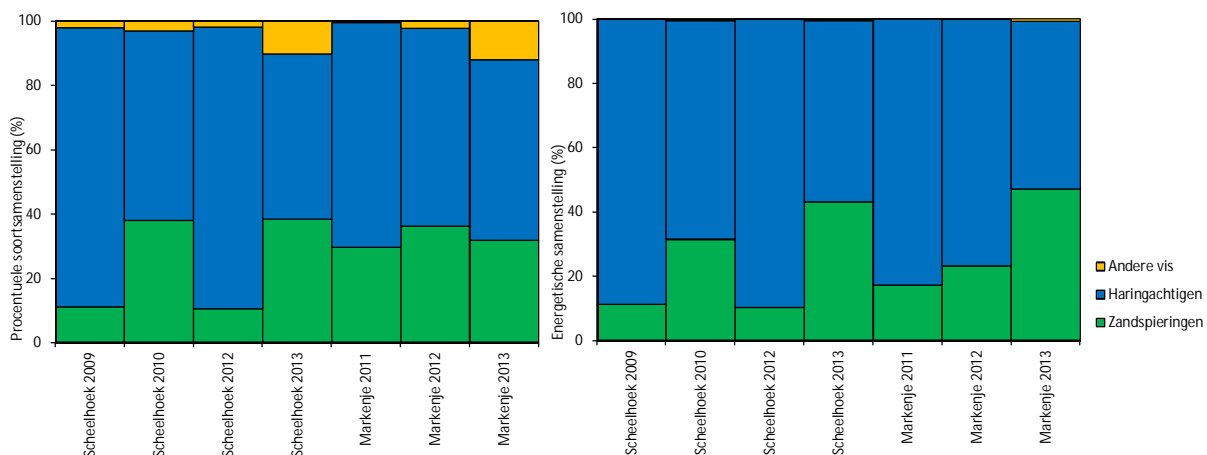
Dieet kuikens

In Figuur 5.41 wordt de soortensamenstelling en de energetische compositie van het dieet van de kuikens van grote sterns op de Scheelhoek en Markenje weergegeven voor de periode 2009-2013. Globaal gezien (i.e. over de gehele kuikenperiode) is er een significant verschil tussen de procentuele soortensamenstelling van het kuikendieet binnen de kolonies tussen de verschillende jaren (Scheelhoek $X^2 = 56,9$, $df = 6$; Markenje $X^2 = 17,7$, $df = 6$; $p < 0,001$) en tussen beide kolonies in 2012 ($X^2 = 18,7$, $df = 2$; $p < 0,001$; figuur 5.41).

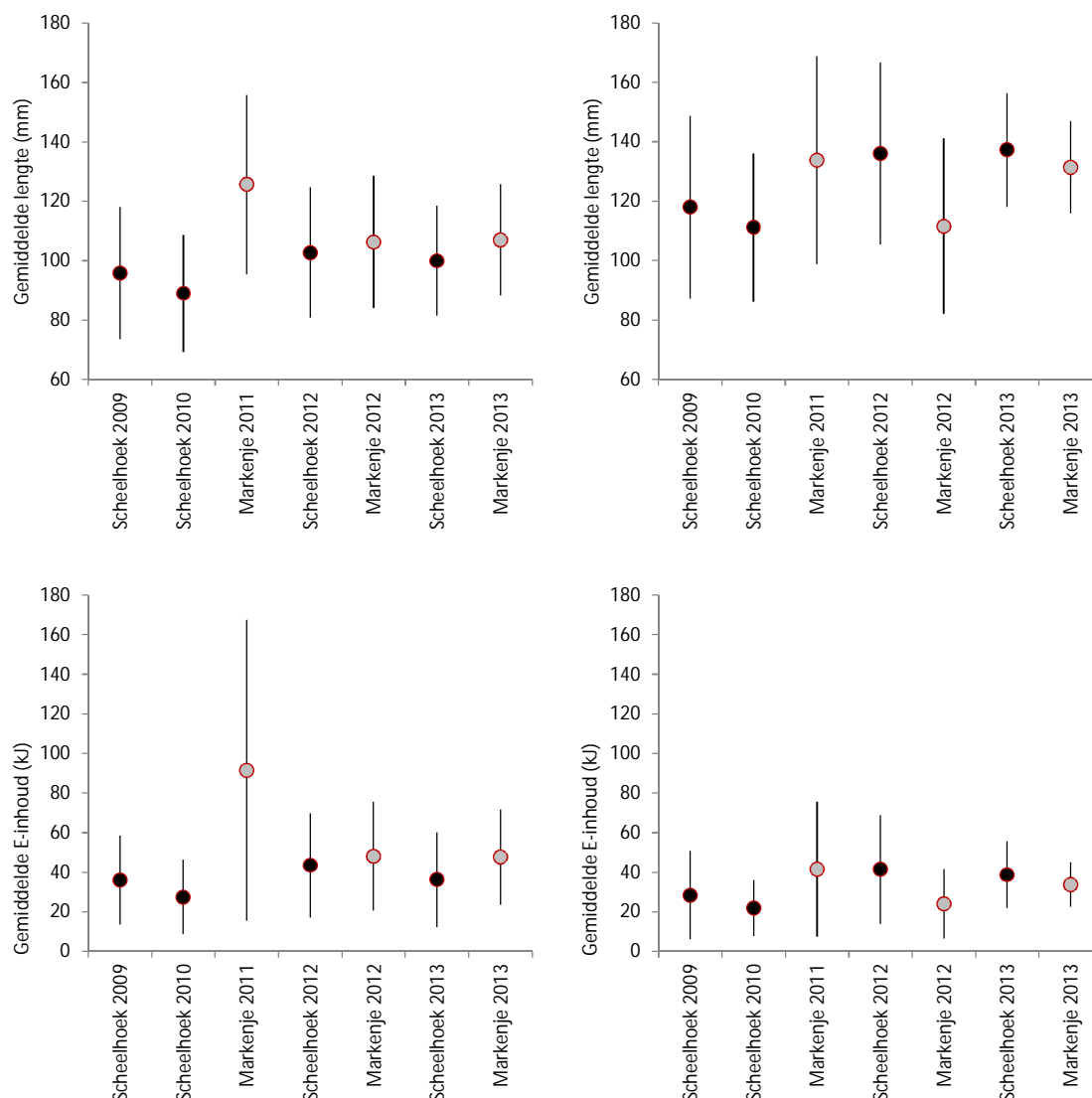
Het globale patroon is in de meeste jaren hetzelfde met ongeveer 30 tot 40% van het kuikendieet dat uit zandspiering bestond en verder vooral uit haringachtigen. Uitzonderingen hierop zijn 2009 en 2012 op de Scheelhoek, waar het dieet nagenoeg volledig uit haringachtigen bestond. Opvallend zijn verder de relatief hoge percentages andere vissen die in 2013 zowel in de Scheelhoek als in Markenje werden aangebracht.

Wanneer de energetische compositie van het kuikendieet wordt beschouwd blijken er verschillen binnen kolonies tussen jaren (Scheelhoek $X^2 = 43,0$, $df = 6$; Markenje $X^2 = 25,9$, $df = 6$; $p < 0,001$) maar niet tussen beide kolonies in hetzelfde jaar (Figuur 5.41). Niettemin maken haringachtigen in alle jaren de bulk van het energie-budget uit. In 2010 en zeker in 2013 was echter ook zandspiering erg belangrijk in het dieet. De energetische bijdrage van andere vissen was verwaarloosbaar, ook in jaren waar een relatief groot percentage andere vis werd aangevoerd.

De lengte en de energie-inhoud van de haringachtigen en zandspieringen in het dieet van de kuikens van grote stern verschilt tussen jaren (Anova; $p < 0,001$) en tussen kolonies (t-test; $p < 0,05$). Vooral in 2011 werden grotere en energierijkere prooien naar de kuikens gebracht (Figuur 5.42).

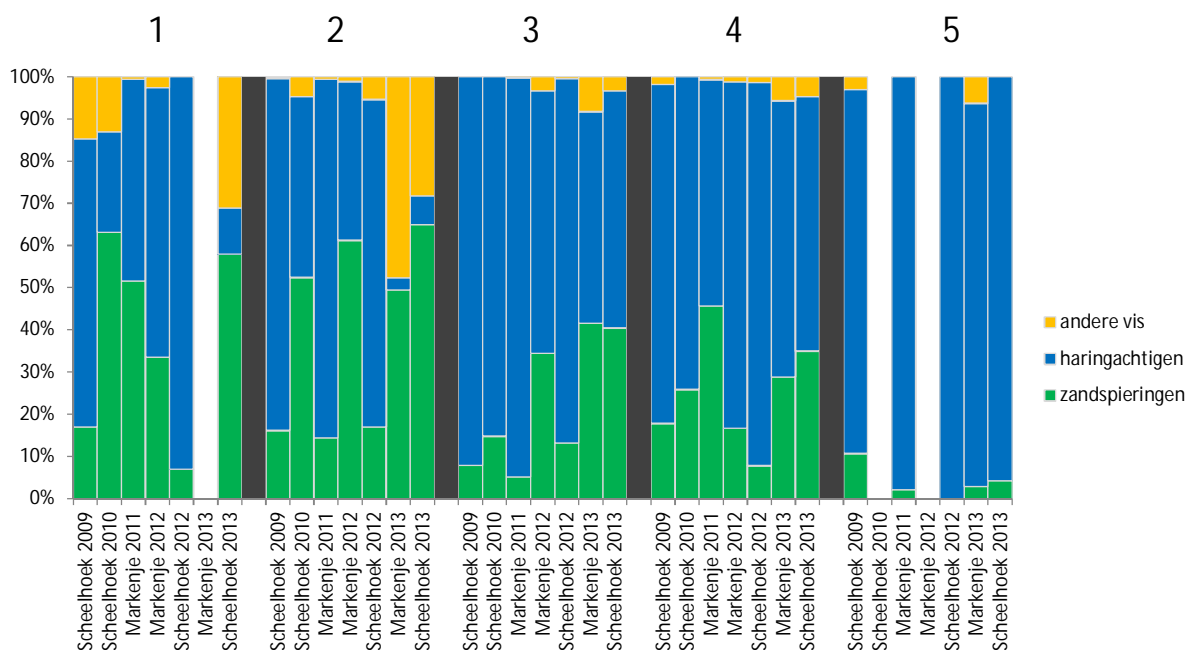


Figuur 5.41 Procentuele soortensamenstelling op basis van gewicht (links) en energetische samenstelling (rechts) van het dieet van kuikens van de grote stern op de Scheelhoek en Markenje in de periode 2009-2013.

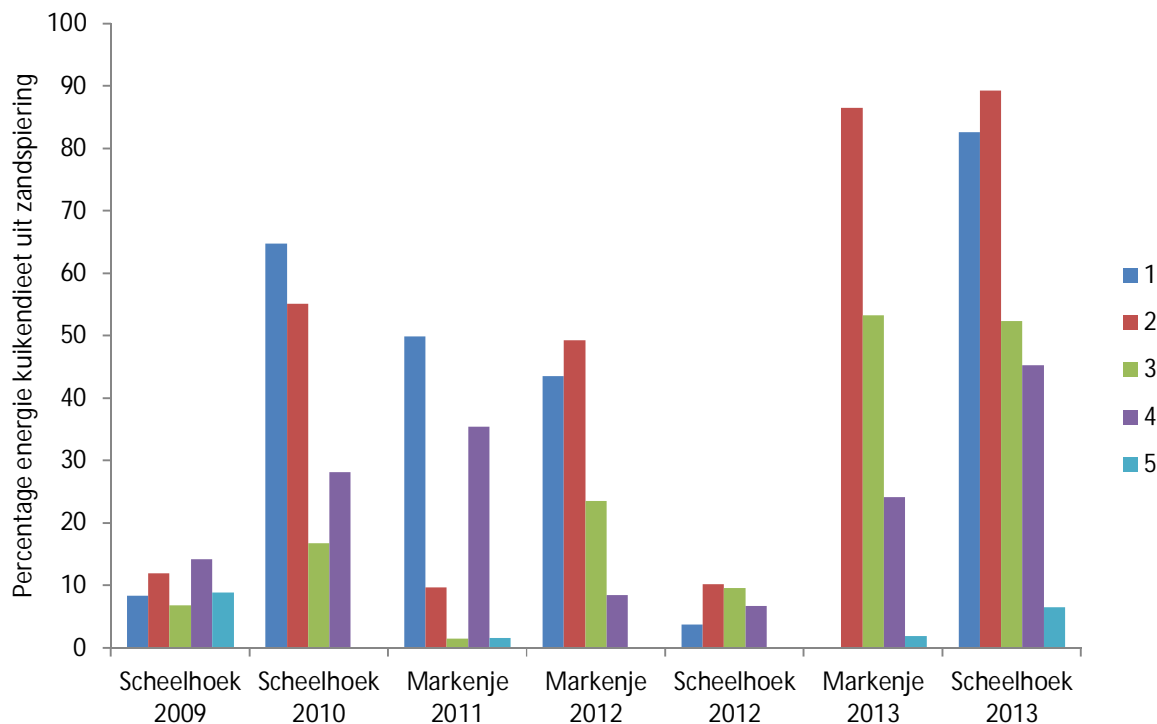


Figuur 5.42 Gemiddelde lengte (mm + s.d.; boven) en E-inhoud (kJ + s.d.; onder) van haringachtigen (links) en zandspieringen (rechts) in het dieet van juveniele grote sterns in de onderzochte kolonies.

Figuur 5.43 geeft de procentuele dieetsamenstelling van de kuikens van de grote stern op de Scheelhoek en op Markenje weer per levensweek. Vanaf de derde levensweek bestond het dieet in alle jaren en alle kolonies voor het grootste deel uit haringachtigen. Vooral in de eerste twee levensweken speelde zandspiering soms een belangrijke rol; zo werd in 2010, 2011, 2012 (Markenje) als 2013 relatief veel zandspiering aangebracht. In 2013 bestond de rest van het dieet tijdens de eerste twee levensweken nagenoeg volledig uit andere vis (vooral voorns en grondels). Ook wanneer dit in energie wordt uitgedrukt (Figuur 5.44) wordt duidelijk dat zandspiering tijdens de eerste twee levensweken in de meeste jaren erg belangrijk is voor het grootbrengen van de kuikens.



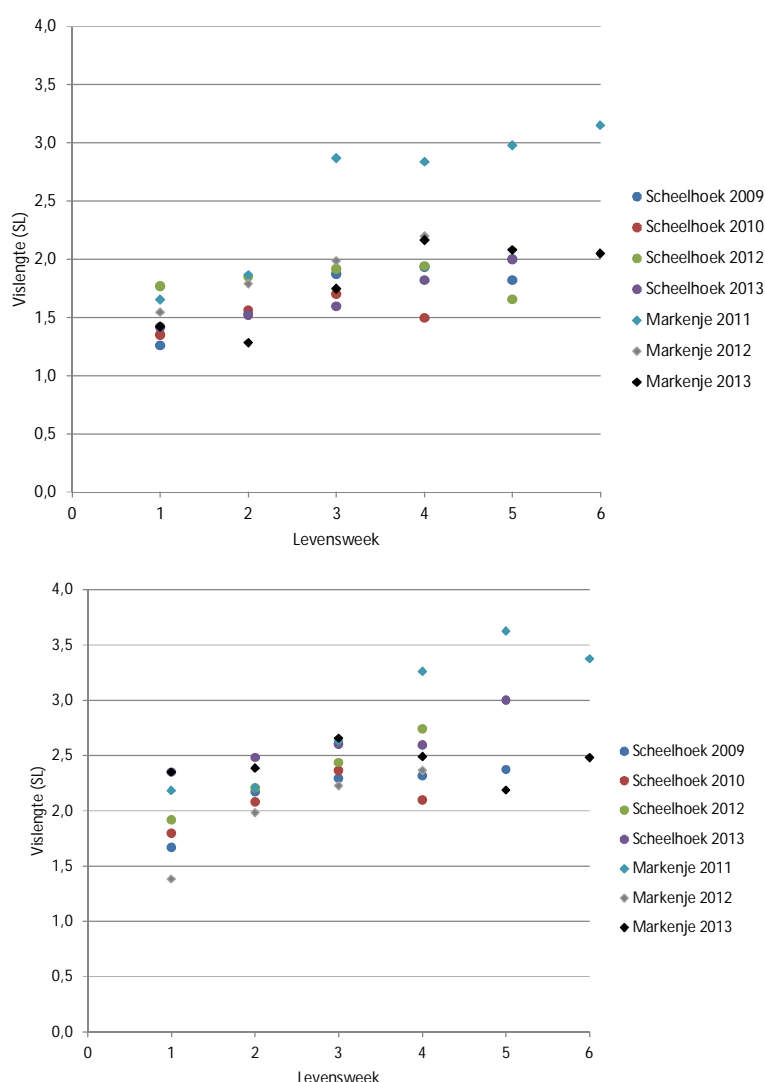
Figuur 5.43 Procentuele soortenamenstelling (aantallen) per levensweek van kuikens van de grote stern op de Scheelhoek en Markenje in de periode 2009-2013. De eerste levensweek is de eerste week na de gemiddelde uitkomstdatum van de kuikens uit de A-eieren en de één-legsels.



Figuur 5.44 Percentage van de energie die voor kuikens werd aangevoerd die afkomstig was uit zandspieling per levensweek.

Prooilengte- en aanvoer kuikens grote sterns

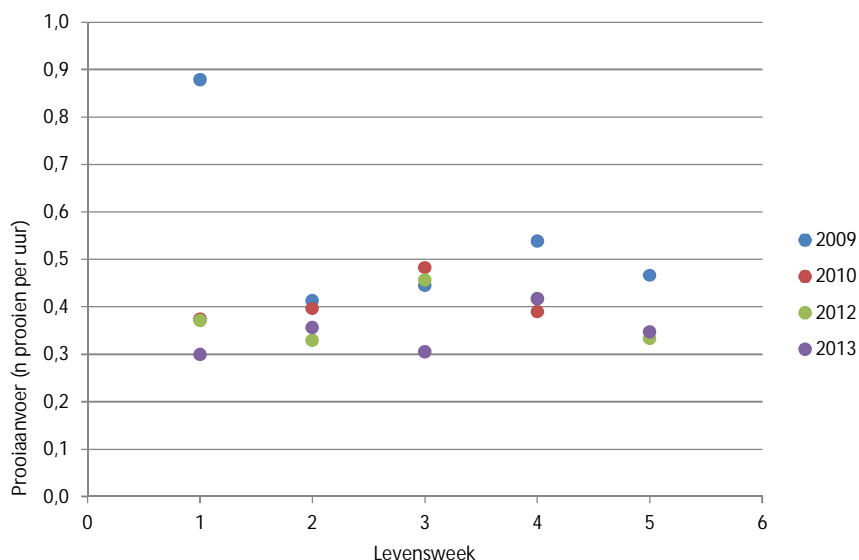
De lengte van de belangrijkste prooi-soorten voor kuikens van grote sterns (haringachtigen en zandspieringen) wordt per levensweek weergegeven in Figuur 5.45. Naarmate de kuikens groter worden brengen de ouders over het algemeen grotere haringachtigen en zandspieringen aan. In de eerste levensweek ligt de gemiddelde lengte van de aangebrachte haringachtigen rond de 1,5 SL (ongeveer 8 cm), die van zandspiering rond de 2 SL (ongeveer 11 cm). In de vierde levensweek is dat respectievelijk 2 SL en 2,5 SL (ongeveer 13,5 cm). In de eerste drie levensweken ligt de lengte van de aangebrachte vissen in de verschillende jaren ongeveer een halve snavelengte uit elkaar (met uitzondering van haringachtigen in 2013 en zandspiering in de eerste levensweek). Daarna treedt een grotere spreiding op.



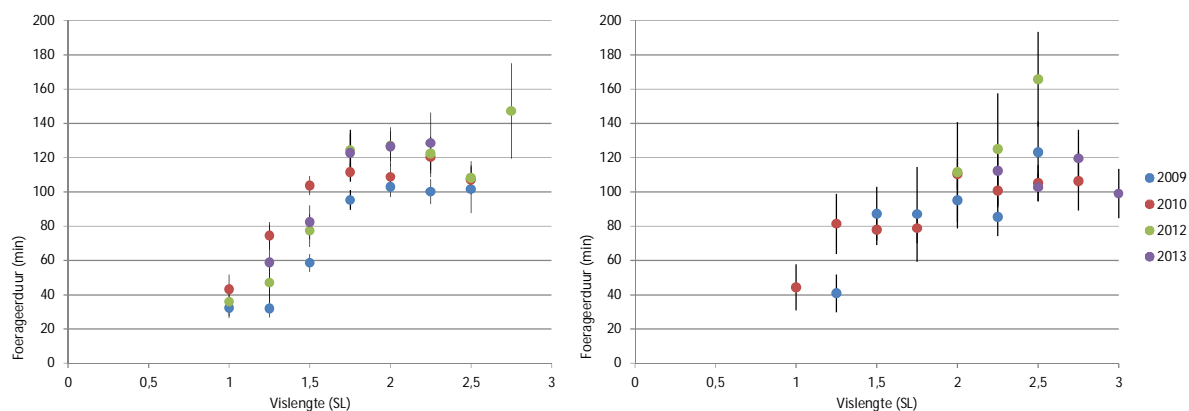
Figuur 5.45 Gemiddelde lengte van de aangevoerde haringachtigen (boven) en zandspieringen (onder) in aantal snavelengtes (= 5,43 cm) per levensweek van de kuikens van de grote stern in de onderzochte kolonies.

De aanvoerfrequentie van prooien (n prooien per uur) naar de kuikens van grote sterns op de Scheelhoek wordt weergegeven in Figuur 5.46. Het aantal prooien dat wordt aangebracht blijft binnen de verschillende jaren relatief gelijk naarmate de kuikens ouder worden. Tussen de verschillende jaren lijkt het verschil op het eerste gezicht niet zo groot, het minimum over het volledige broedseizoen bedroeg 0,35 prooien/uur in 2013, het maximum 0,52 prooien/uur in 2009. Op een volledige dag van 18 uur maakt dat niettemin een verschil van drie prooien. In 2009 werden in de eerste levensweek van de kuikens erg veel kleine haringachtigen aangebracht.

Figuur 5.47 toont de foerageerduur voor haringachtigen en zandspieringen per lengteklasse van 0,25 SL in de vier onderzoeksjaren op de Scheelhoek. Voor haringachtigen van 1 tot 1,75 SL (5 tot 10 cm) geldt dat het meer tijd kost om grotere haringachtigen aan te brengen. Voor haringachtigen groter dan 1,75 SL blijft de foerageerduur relatief constant tussen de 100 en 130 minuten. Een enigszins vergelijkbaar patroon is te zien bij zandspiering waar het ook minder tijd kost om kleinere exemplaren aan te brengen. Voor zandspieringen van meer dan 2 SL (11 cm) bedraagt de foerageerduur tussen de 90 en de 120 minuten.



Figuur 5.46 Relatie tussen de leeftijd van de kuikens van grote stern en de aanvoerfrequentie van prooien op de Scheelhoek in de vier onderzoeksjaren.



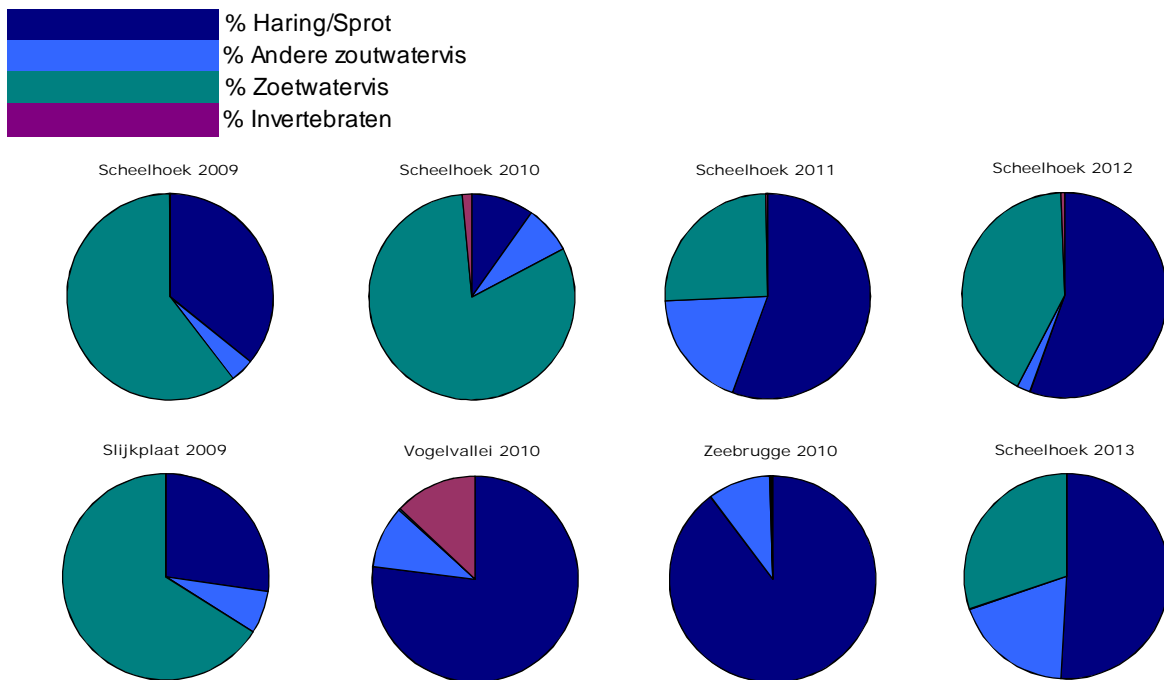
Figuur 5.47 Gemiddelde foerageerduur (min + s.e.) voor het aanbrengen van haringachtigen (links) en zandspieringen (rechts) naar de kuikens van grote stern op de Scheelhoek in de vier onderzoeksjaren.

5.3.6.2 Dieet en foerageergedrag visdief

Dieetsamenstelling kuikens visdief

Figuur 5.48 geeft de procentuele dieetsamenstelling (op basis van aantallen) van visdiefkuikens weer voor alle onderzochte kolonies in alle jaren. In 2009 en 2010 kregen de pulli op de Scheelhoek duidelijk meer zoetwatervis dan in de daaropvolgende jaren. Vanaf 2010 bleef het percentage haringachtigen vrij constant met tussen de 50 - 55% van de aangebrachte prooien. Het dieet op de Slijkplaat bestond in 2009 voor ongeveer 2/3 uit zoetwatervis. Aangezien deze kolonie vrij ver in het binnenland ligt is dit niet zo vreemd. De kuikens op de Vogelvallei kregen in 2010 nagenoeg uitsluitend vissen uit het zoute milieu te eten, wat ook te maken heeft met de ligging van deze kolonie.

Visdieven zijn in de onderzochte kolonies momenteel niet afhankelijk van zandspiering voor het grootbrengen van hun kuikens. Enkel op de Vogelvallei in 2010 bestond het dieet voor een iets groter aandeel (8%) uit zandspiering. De vogels van de Scheelhoek gaan erg vaak voor de Haringvlietsluizen foerageren tijdens eb. Veel zoetwatervissen worden aangebracht tijdens laagwater.



Figuur 5.48 Procentuele dieetsamenstelling van kuikens in alle visdiefkolonies in het Deltagebied waar protocollen vanuit een schuilhut werden gemaakt in de periode 2009-2013.

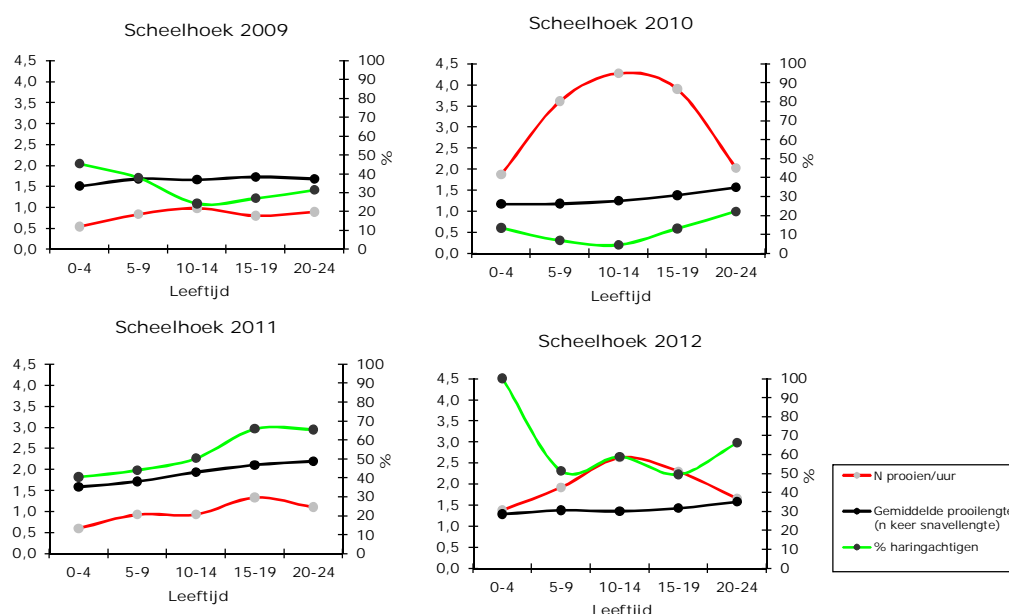
Prooilengte en –aanvoer kuikens visdief

Voorlopig kon vooral op de Scheelhoek onderzoek naar de kwaliteit van het dieet van visdieven worden uitgevoerd. Op de Vogelvallei was het voedselécologisch onderzoek slechts in één jaar succesvol. In beide andere onderzoeksjaren werden alle kuikens gepreedeerd voor het onderzoek van start kon gaan.

Figuur 5.49 geeft een samenvatting van de prooi-aanvoer, de gemiddelde prooilengte en het percentage haringachtigen in de kolonie op de Scheelhoek in 2009-2012. In tegenstelling tot grote sterns zijn visdieven flexibeler in hun dieet, waarbij behalve haringachtigen ook veel zoetwatervis en in mindere mate ook zoutwatervis en evertibraten werd aangebracht naar de kuikens.

Behalve in 2011 toont de prooi-aanvoer een omgekeerd verband met het percentage van de aangevoerde prooien dat uit haringachtigen bestaat. Haringachtigen zijn erg energierijk in vergelijking met de meeste alternatieve prooi-soorten (zoals larvale vis, spiering en baars) waardoor de aanvoersnelheid ervan een stuk lager kan zijn om in de behoefte van de kuikens te voorzien. In 2011 was het percentage haringachtigen relatief hoog en lag de aanvoersnelheid van prooien hooguit op ongeveer één prooi per kuiken per uur. In 2010 waren er blijkbaar veel minder haringachtigen (van geschikte lengte) aanwezig in de buurt van de kolonie en moesten de oudervogels alternatieve, minder energierijke prooien aanbrengen. De aanvoersnelheid liep toen op naar meer dan 4 prooien per kuiken per uur. Waarnemingen van tijdens laagwater foeragerende vogels voor de Haringvliet-sluizen wijzen erop dat daar foeragerende oudervogels vaak erg succesvol prooien vangen. Hierbij worden de erg kleine prooien meestal door de adulten zelf opgegeten en zodra een haringachtige (of een andere energierijke prooi) wordt gevangen vertrekken ze hiermee naar de kolonie. Dit

geeft aan dat visdieven bij voorkeur energierijke prooien naar hun kuikens brengen. In jaren waarin haringachtigen moeilijker te verkrijgen zijn worden de zoetwaterprooien die vaak vlakbij de kolonie of voor de Haringvlietsluizen worden gevangen toch naar de kuikens gebracht.



Figuur 5.49 Prooiaanvoer (n prooien per uur in rood, linkeras), gemiddelde prooilengte (n keer snavellengte in zwart, linkeras) en het percentage haringachtigen (% op rechteras in groen) in het dieet van kuikens van de visdief in de Scheelhoekkolonie in 2009, 2010 en 2011 in relatie tot de leeftijd (in dagen) van de kuikens.

5.4 NADERE ANALYSES EN VERBANDEN GEBIEDSGEBRUIK VOORDELTA

In de subparagrafen hierna wordt de basisinformatie uit paragraaf 5.3 ten aanzien van het gebiedsgebruik Voordelta op basis van tellingen en sterns met zenders en GPS-loggers nader geanalyseerd en worden onderlinge verbanden gelegd. Ook worden verbanden gelegd met de informatie uit de andere onderzoekspereken. Bij iedere subparagraaf wordt aangegeven aan welke hypothese de nadere analyse bijdraagt. Aan het eind van deze paragraaf worden alle bevindingen ten aanzien van het onderwerp 'Gebiedsgebruik Voordelta' samengevat in deelconclusies. Deze vormen samen met de eerste bevindingen uit paragraaf 5.3 de basis voor de finale beantwoording van de onderzoekshypothesen die in paragraaf 5.6 plaatsvindt.

5.4.1 Analyse van de variatie in aantallen broedparen en het broedsucces in de gehele Delta

Relatie met de onderzoekshypothesen

Het aantal broedparen en broedsucces van grote stern en visdief in de gehele Delta is basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

Hypothese 1: Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van Maasvlakte2, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

Hypothese 4: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatsinvloeden.

Hypothese 7: Er is geen relatie tussen de voedselsituatie lokaal of elders en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta

Hypothese 8: Er is geen relatie tussen de veranderingen in de populatiedynamica van de grote sterns/visdieven elders in hun leefgebied en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta.

5.4.1.1 Grote stern

Grote sterns hebben voor het broeden een sterke voorkeur voor spaarzaam begroeide eilanden met een bloeiende kokmeeuwkolonie (Stienen 2006). Mede door deze strenge "eisen" is het aantal potentiële locaties voor kolonies beperkt. Met name in het noordelijke Deltagebied waren in het verleden (vrijwel) geen locaties waar deze voor grote sterns belangrijke combinatie van voorwaarden voorhanden was. In 1997 kwamen voor kustbroedvogels de broedgebieden op de Scheelhoek beschikbaar, maar het duurde tot 2004 voordat de eerste grote sterns hier gingen broeden. Kokmeeuwen en visdieven broedden al sinds 1999 met meer dan 1.000 paren op de eilanden van de Scheelhoek. De beschikbaarheid van "nieuw" broedgebied kan daarmee niet de enige factor voor deze verandering zijn. Ongetwijfeld zijn de ontwikkelingen in de Grevelingen, zoals voortschrijdende vegetatiesuccessie op de Hompelvoet, minstens zo belangrijk geweest. De begroeiing trekt roofdieren aan en drukt daarmee het broedsucces. Grote sterns gebruiken doorgaans jarenlang dezelfde kolonie(s), zeker wanneer in een kolonie jarenlang succesvol gebroed is. In het geval van de kolonie op de Hompelvoet kon zelfs het beheer van vegetatie en predatoren niet voorkomen dat het eiland voor grote sterns uiteindelijk ongeschikt werd. Pas na enkele jaren met een broedsucces lager dan gemiddeld kozen de grote sterns voor het (tijdelijk) meer geschikte broedgebied op de eilanden bij de Scheelhoek (De Kraker & Derks 2005).

De ontwikkeling van de aantallen in het Nederlandse Deltagebied kan niet los worden gezien van de vestiging van grote sterns in het havengebied van Zeebrugge, België. Het ontstaan van deze kolonie aan het eind van de jaren tachtig viel samen met een achteruitgang in het Deltagebied. Wanneer het aantalsverloop van het Deltagebied en België tezamen wordt genomen, blijkt de afname in de periode 1988-1991 en 2005-2006 kleiner te zijn en is de opvallende toename van de grote stern in het Deltagebied in 2007 eenvoudig te verklaren. In 2006 broedden in Zeebrugge 2.060 paren, dit aantal nam snel af tot 1.130 paren in 2007 en 249 paren in 2008. In de jaren 2009 en 2010 kwamen er geen grote sterns tot broeden in Zeebrugge. In 2011 keerde de grote stern met 54 paren terug (E. Stienen/INBO). Uit onderzoek op basis van met metalen ringen uitgeruste vogels van INBO en DPM (ongepubliceerd) blijkt dat de broedvogels in Zeebrugge samen met die in de Nederlandse kolonies onderdeel zijn van een grensoverschrijdende "Deltapopulatie".

Het broedsucces van de grote sterns, uitgedrukt als aantal vlieg vlugge jongen per broedpaar, kan van jaar tot jaar en van kolonie tot kolonie sterk verschillen. Een goed voorbeeld hiervan is 2011 toen het broedsucces van de 4.480 paren op Markenje 0,7 jong per paar bedroeg, terwijl in de kolonie op de Hooge Platen (705 paren) geen enkel jong groot werd gebracht. Het al dan niet slagen van een broedpoging is van vele factoren afhankelijk. In de eifase zijn dit voornamelijk predatie en weersinvloeden zoals hevige neerslag. Ook overspoelingen van de broedplaatsen als gevolg van springtij en/of harde wind kunnen een grote invloed op het uitkomstsucces van de eieren hebben. In de jongenfase zijn vooral voedselbeschikbaarheid, weersomstandigheden en predatie van invloed. Aangezien deze factoren elkaar kunnen versterken of afzwakken kan de oorzaak van een goed of juist slecht broedsucces zelden eenduidig worden bepaald.

5.4.1.2 *Visdief*

Sinds 2007 is de trend voor de visdief in het Deltagebied negatief, een ontwikkeling die niet losstaat van de landelijke resultaten. De recente daling van de broedpopulatie visdieven in de Delta kan mede worden toegeschreven aan het ongeschikt raken van relatief nieuwe broedgebieden doordat deze begroeid raken; dit speelt vooral in de zoete wateren (Strucker *et al.* 2008). De begroeiing trekt roofdieren aan en drukt daarmee het broedsucces. Ook zou een matige voedselbeschikbaarheid een rol kunnen spelen, iets wat landelijk ook een rol speelde (Stienen *et al.* 2009). Daarnaast zijn voormalige broedgebieden in de regio permanent ongeschikt geworden door recreatie en aanleg van deltawerken. Tegenwoordig broedt circa één derde van de landelijke populatie in het Deltagebied. Kolonies waarvan de vogels voedsel kunnen zoeken in verschillende watersystemen lijken een voordeel te hebben doordat de vogels bij ongunstige omstandigheden in één van de watersystemen kunnen uitwijken naar een ander watersysteem met gunstiger omstandigheden.

De onderzoekskolonies op de Maasvlakte, Scheelhoekeilanden en Slijkplaat in het Haringvliet en Markenje in de Grevelingen hebben gemeen dat de broedende vogels hun voedsel vooral zoeken in de Voordelta. De aantallen broedvogels zijn van belang voor het behalen van de Natura 2000 opgave van 6.500 broedparen voor de visdief in het Deltagebied en daarmee ook voor de landelijke doelstelling. De gemiddeld bijna 2.400 paren die de afgelopen 12 jaren in de vier onderzoekskolonies broedden, vormen een aanzienlijk deel van gemiddeld 6.000 broedparen in de hele Delta in dezelfde periode.

5.4.2 Analyse van de variatie in aantallen en verspreiding van sterns in de Voordelta

Relatie met de onderzoekshypothesen

De aantallen en verspreiding van grote stern en visdief in de Voordelta is basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

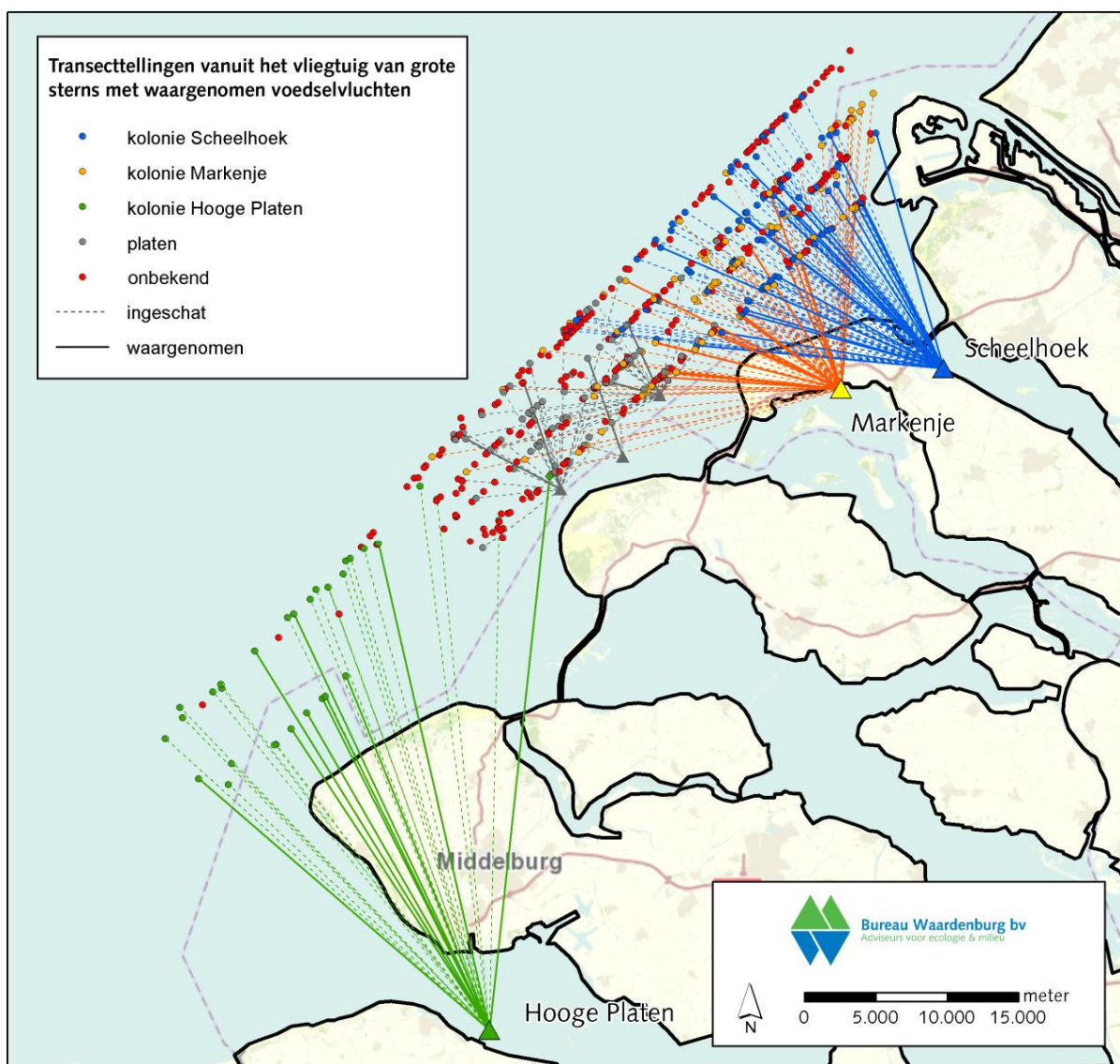
Hypothese 1: Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van Maasvlakte2, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

Hypothese 5: Menselijke activiteiten leiden niet tot verstoring van grote sterns/visdieven die de platen gebruiken om te rusten (april - september).

Hypothese 6: Er is geen (cor)relatie tussen abiotische parameters van het water of het sediment en de verspreiding van de sterns/visdieven.

In het zomerhalfjaar kunnen de verspreidingspatronen op zee van sterns van jaar op jaar aanzienlijk verschillen. Het gaat hierbij zowel om de aantallen foeragerend aanwezig boven het open water alsmede de aantallen rustend op de platen. Hieronder worden de verschillende oorzaken geïllustreerd alvorens de vogeldagen te berekenen, waarmee de MEP vragen worden beantwoord.

Bij de grote stern wordt een deel van de jaar op jaar variatie verklaard door de ligging en grootte van de broedkolonies in de Delta. Vogels uit het Haringvliet (Scheelhoek kolonie), uit de Grevelingen (Markenje kolonie) en de Westerschelde (Hooge Platen kolonie) foerageren in bepaalde voorkeurs gebieden en rusten op plaatsen die makkelijk te bereiken zijn. In 2012 is tijdens de vliegtuigtellingen gedetailleerder dan in eerdere jaren de vliegrichting van grote sterns bijgehouden en deze vliegrichting is denkbeeldig doorgetrokken van of naar een kolonie. Hiermee kan een waargenomen vogel aan een kolonie worden gerelateerd. Met name van vogels die op grotere hoogte met een vis in de snavel in een rechte lijn vlogen kon vrij gemakkelijk en met grote zekerheid vastgesteld worden naar welke kolonie ze vlogen (Figuur 5.50). In dit figuur wordt een cumulatief beeld gegeven van alle vliegende vogels boven zee waargenomen langs de transecten in de periode eind april-begin juli, de tijd dat de kolonies bezet zijn.



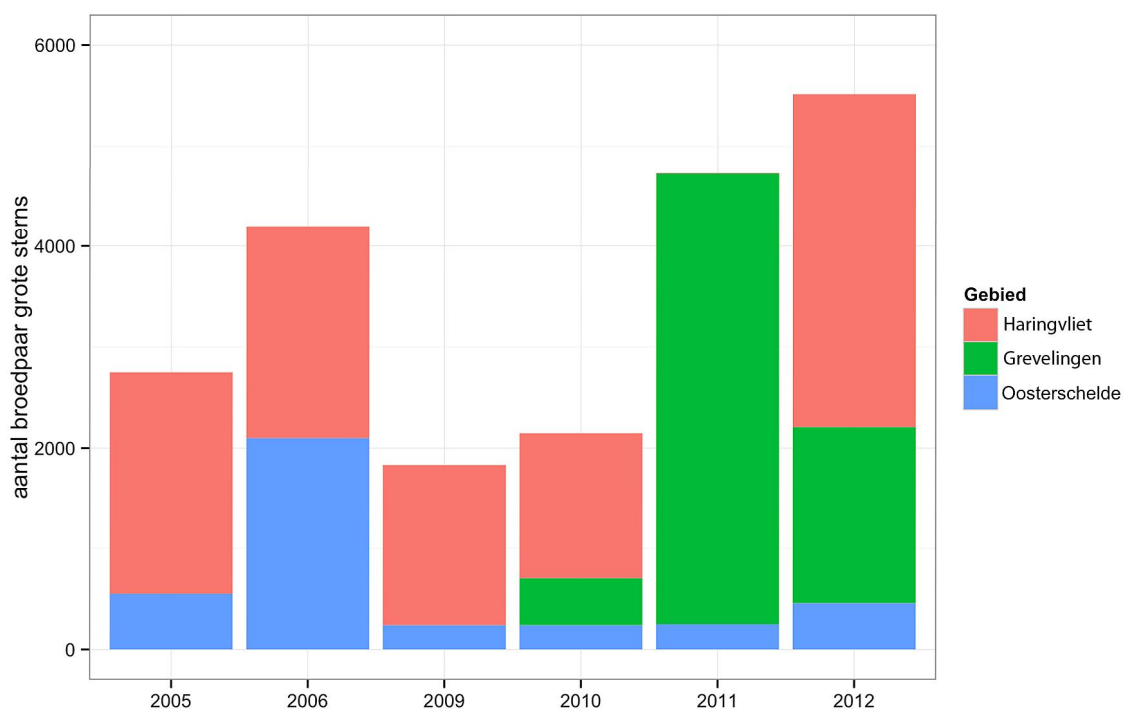
Figuur 5.50 Cumulatieve verspreiding van vliegende grote sterns in het zomerhalfjaar 2012 (eind april-begin juli) met voor een deel van de waarnemingen een gereconstrueerde relatie met de bronkolonie in de Delta of platen in de Voordelta. Zie tekst voor een nadere toelichting op de methodiek.

Naast de kolonieligging is ook aannemelijk dat de grootte van de verschillende kolonies van groot belang bij de verspreiding en de aantallen grote sterns in de Voordelta. Waarschijnlijk mede hierdoor vertonen de aantallen grote sterns rustend op de platen in de Voordelta in het zomerhalfjaar ook een grote variatie. Als er een grote kolonie op de Scheelhoek is zullen veel van de grote sterns foerageren in het noordelijke deel van de Voordelta. Is er een grote kolonie op Markenje dan zullen meer vogels gebruik maken van rustgebieden ter hoogte van Schouwen. Het grote verschil in gebruik van het Verklipperstrand tussen de T0 en T1 kan dan ook worden verklaard door de afwezigheid van een kolonie op Markenje tijdens de T0 jaren.

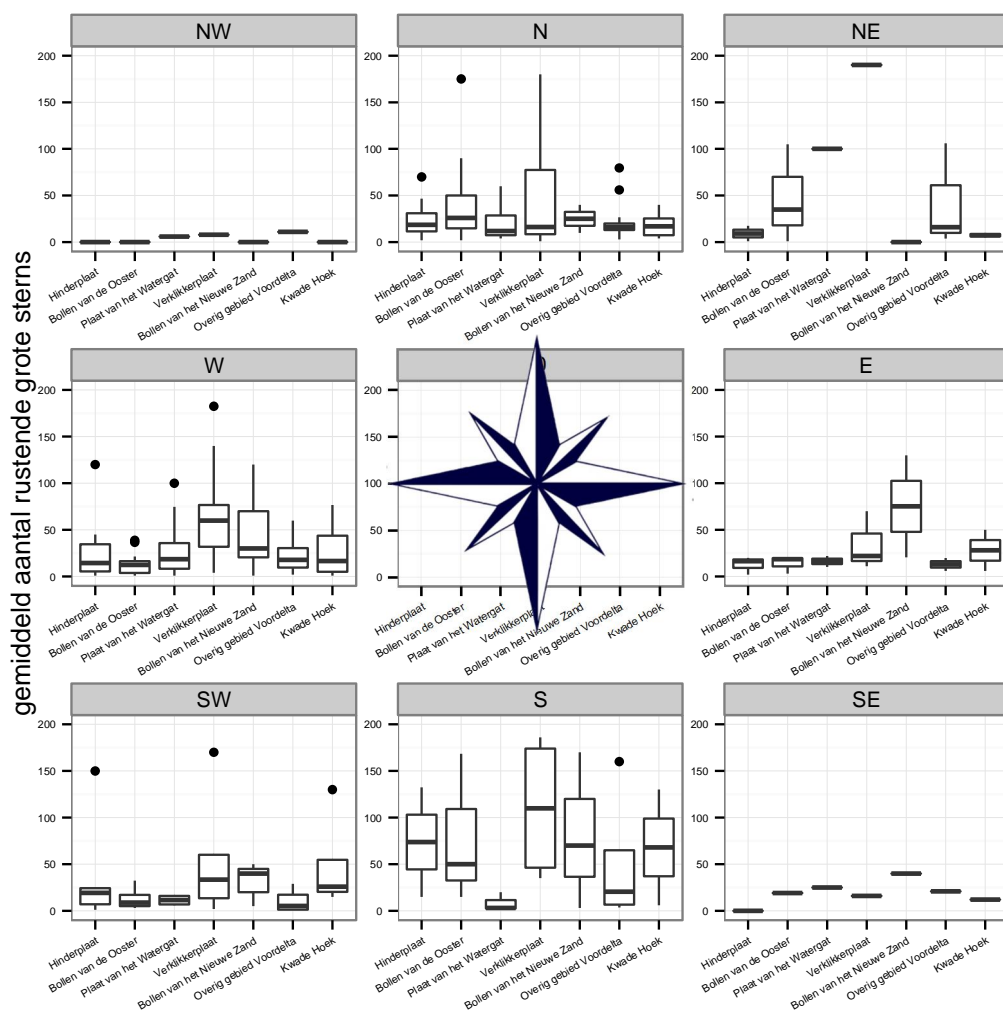
In 2005 en 2006, en 2009 broedden de grote sterns voornamelijk in de Scheelhoek en in mindere mate (en meestal onsuccesvol) in inlagen in het Oosterscheldebekken (Figuur 5.14, Figuur 5.51). Dit wordt ook weerspiegeld in de verspreiding van rustende sterns. In die jaren rustten de vogels tijdens het broedseizoen (half mei – half juli) voornamelijk op de platen in het noordelijke deel van de Voordelta (Slikken van Voorne, Hinderplaat, Kwade Hoek, Bollen van de Ooster) en voor een klein deel in het zuidelijke deel van de Voordelta, in de Oosterschelde monding (Figuur 5.17). Overigens is onduidelijk of deze laatste groep ook (deels) bestaat uit vogels uit de Westerschelde (kolonie Hooge Platen), maar zal mogelijk vooral verband houden met de ligging van de kolonie in de Oosterschelde (Flauwers Inlagen). In 2010 verandert dit beeld enigszins met de vestiging van de kolonie Markenje in de Grevelingen, waardoor grote aantallen rustende sterns gevonden worden in het gebied van de Verklipperplaat, de Bollen van het Nieuwe Zand en de Plaat van het Watergat, waarbij het gebruik van de laatste twee platen mogelijk ook te maken heeft met een toenemend plaatoppervlak. Opmerkelijk genoeg worden de noordelijke rustgebieden amper gebruikt door de vogels die broeden op de Scheelhoek. Helaas zijn maar weinig zendergegevens van dat jaar beschikbaar om de achterliggende oorzaak of oorzaken te kunnen achterhalen. In 2011 wordt veel gebruik gemaakt van de Bollen van de Ooster en de Verklipperplaat. Puur op basis van de nabijheid van de kolonie van Markenje in tegenstelling tot de afstand tot de kolonie op Scheelhoek kan dit patroon waarschijnlijk verklaard worden door de grote vestiging op Markenje. Echter in dat jaar worden de Hinderplaat en Kwade Hoek ook weer regelmatig gebruikt. Daar er in dat jaar geen vogels op de Scheelhoek broedden zijn dit waarschijnlijk vogels van Markenje die vanuit de kolonie pal noord vliegen om in het noordelijke deel van de Voordelta te foerageren. In 2012 zijn de rustende sterns meer verdeeld over de noordelijke Voordelta en de Bollen van de Ooster/Verklipperplaat (Figuur 5.17), en het aantal broedparen is ook veel gelijkmatiger verdeeld over beide gebieden (Figuur 5.51).

Naast de verspreiding en aantallen van broedvogels in de kolonies in de Voordelta speelt ook het veranderd plaatareaal (bijlage 9) in het zuidelijk deel van de Voordelta (met name de Bollen van het Nieuwe Zand en de Middelpaat/Plaat van het Watergat zijn groter en hoger geworden) een grote rol bij de verspreiding van rustende sterns in de Voordelta. Tussen de T0 en de T1 periode zijn grote verschillen ontstaan in het aanbod van potentieel geschikte rustplaten in de Voordelta. Bijvoorbeeld voor de Kop van Schouwen zijn er de laatste jaren meer mogelijkheden ontstaan voor vogels om te rusten op de platen, waardoor ook dit deel van de Voordelta aantrekkelijk is geworden.

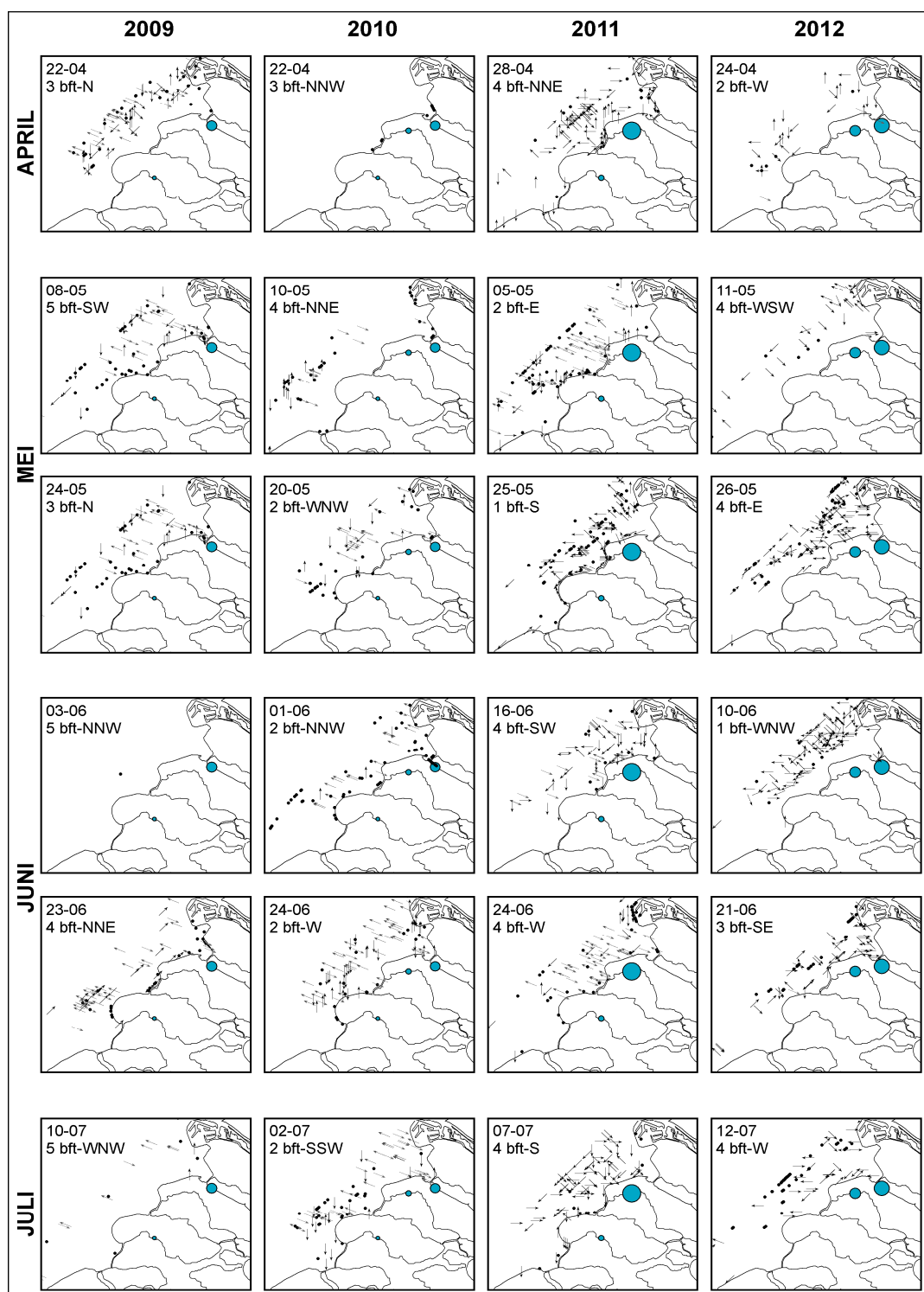
Een ander deel van de variatie wordt verklaard door de omstandigheden op zee. Harde wind uit met name het Noordwesten voorkomt dat sterns op zee efficiënt kunnen foerageren en onder winderige omstandigheden, zijn er aanwijzingen dat er minder sterns op zee actief (Figuur 5.52 en Figuur 5.53). De vogels blijven dan waarschijnlijk in de kolonies, waarmee ook de verlaagde aantallen op de platen worden verklaard onder die omstandigheden.



Figuur 5.51 Aantallen broedende grote sterns per bekken in de seizoenen 2005, 2006, 2009, 2010, 2011 en 2012.



Figuur 5.52 Gemiddelde aantallen rustende grote sterns in verschillende deelgebieden tijdens de T0 (2005 – 2006) en T1 (2009 – 2012) tellingen per overheersende windrichting per telling.



Figuur 5.53 Variatie in verspreiding en vliegrichtingen van vliegende en foeragerende grote sterns in het zomerhalfjaar van 2009 t/m 2012 (eind april – eerste deel juli) met in elk jaar weergegeven de ligging en grootte van de broedkolonies in de noordelijke Delta. Waarnemingen van vogels die foerageren maar geen richting hadden of lokaal rondvlogen hebben geen pijl en zijn als punt weergegeven. De figuren betreffen individuele surveys met in de linkerbovenhoek naast de datum weergegeven de windcondities (windkracht in Beaufort en richting).

Een andere belangrijke factor voor het gebruik van de platen om te rusten is de aanwezigheid en beschikbaarheid van vis als voedsel binnen de Voordelta, waarbij vogels heen en weer pendelen tussen de platen en de plekken waar de vis gevangen wordt. Het gaat hierbij overigens om een proportioneel hoog aandeel van vogels die niet broeden en die minder binding met de kolonies hebben (zie §5.3.5 en de bijlagen 2, 4, en 6). Uit de verspreidingskaarten en vliegpatronen blijkt dat een belangrijk deel van de vogels buiten het Natura 2000-gebied foerageert. Dit werd al eerder in de T0 vastgelegd en bevestigd in het GPS-logger onderzoek. Daarnaast werd dit patroon ook gevonden tijdens vliegtuigtellingen uitgevoerd in het kader van het Shortlist Masterplan in de Noordzee kustzone (Poot *et al.* 2011). Mogelijkerwijs treedt dit fenomeen minder op als de voedselbeschikbaarheid binnen de Voordelta zelf voldoende is zodat alle dieren hier hun benodigde prooidieren kunnen vangen.

5.4.3 Variatie van het gebruik van rustgebieden door sterns in de Voordelta in relatie tot plaatbezoek

Relatie met de onderzoekshypothesen

De analyse van het gebruik van rustgebieden door sterns in de Voordelta in relatie tot plaatbezoek is basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

Hypothese 5: Menselijke activiteiten leiden niet tot verstoring van grote sterns/visdieven die de platen gebruiken om te rusten (april - september).

Omdat rustende aalscholvers als gevoelig voor menselijke verstoring te boek staan (e.g. Santoul *et al.* 2004) en wijd verspreid voorkomen in de Voordelta zijn de analyse van telgegevens van deze soort onderdeel van de hieronder gepresenteerde analyse.

Een belangrijke factor die bepalend is voor het gebruik van de platen om te rusten is eventuele verstoring op die platen (zie voor een detailstudie naar de invloed van verstoring door recreanten op rustende sterns ook Bijlage 8). Verstoring is vastgelegd in het perceel “gebruik”, maar ook de aanwezigheid van verstoringgevoelige vogelsoorten tijdens de vliegtuigtellingen zijn een goede indicatie voor verstoring in het gebied. Een verstoringgevoelige soort is de aalscholver (e.g. Santoul *et al.* 2004). Deze soort komt wijdverspreid voor in de Voordelta met voornamelijk niet-broedvogels in het zuiden (opererend vanaf de platen en stranden) en broedvogels in het noorden (foeragerend vanuit het Breede Water en Quackjeswater), die foerageren tot op 30 km uit de kust (zie GPS-logger onderzoek binnen de aalscholvermodule van de Compensatiemonitoring Tweede Maasvlakte). Ze zijn daarom overal rustend te verwachten, zeker in de Noordelijke Voordelta, waar ook de grootste aantallen rustende grote sterns zitten. De aalscholvers zijn echter zeer verstoringgevoelig (e.g. Santoul *et al.* 2004). De verstoringafstand (gevoeligheid) van grote sterns is een stuk kleiner dan van aalscholvers (eigen observaties) en op basis daarvan zijn vier verschillende scenario's te bedenken voor de interpretatie van de resultaten van de tellingen in het gebied (Tabel 5.10).

Tabel 5.10 Beschrijving van verstoring voor vier verschillende scenario's voor de aanwezigheid van rustende aalscholvers en grote sterns. + betekent dat soort aanwezig zijn, 0 betekent dat de soort afwezig is.

Scenario	Aalscholver	Grote Stern	Beschrijving
1	+	+	Goed werkend rustgebied
2	0	+	Geen verstoring, maar niet aantrekkelijk voor aalscholvers of Verstoring, maar niet genoeg om sterns te verjagen
3	+	0	Geen verstoring, maar niet aantrekkelijk voor sterns
4	0	0	Verstoring, of geen aantrekkelijk rustgebied

In totaal zijn 67 vliegtuigtellingen uitgevoerd in de Voordelta tussen april en september in de periode 2005 – 2006 en 2009 – 2012. De vraag is nu of in de belangrijke rustgebieden, zoals de Bollen van de Ooster, Bollen van het Nieuw Zand, Hinderplaat (en Hinderplaat buiten rustgebied), Verklikkerplaat (en Verklikkerplaat buiten rustgebied), het voorkomen van scenario 1 het meest voorkomt of dat ook hier scenario 4 vaak wordt aangetroffen? Uit Tabel 5.11 komt naar voren dat beide opties inderdaad voorkomen (bijvoorbeeld Bollen van de Ooster met name Scenario 1, en op de Bollen van het Nieuw Zand voornamelijk scenario 4). Opvallend is ook dat in een aantal niet aangewezen rustgebieden het voorkomen van Scenario 1 ook hoog is, zoals op de Kwade Hoek en de Plaat van het Watergat. Op de Bollen van de Ooster worden tijdens 43 van de 67 tellingen zowel rustende aalscholvers als sterns aangetroffen, terwijl tijdens 27 van de 67 tellingen geen van beide soorten wordt waargenomen. Echter ook tijdens 28 van de 67 tellingen ontbreken sterns. Een zelfde patroon wordt gevonden op de Hinderplaat en de Verklikkerplaat. Op de diverse stranden wordt in tegenstelling tot in de voorgaande gebieden voornamelijk scenario 3 en 4 aangetroffen, een indicatie dat deze gebieden door verstoring (of een andere reden) niet aantrekkelijk zijn.

Tabel 5.11 Voorkomen van de verschillende scenario's voor verstoring van aalscholvers en grote sterns tijdens de vliegtuigtellingen met in grijs de rustgebieden met de meeste vogels tijdens de tellingen.

Deelgebied	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
2 ^e maasvlakte	20%	3%	41%	35%
Bollen van de Ooster	43%	1%	28%	27%
Bollen van het Nieuwe Zand	17%	11%	5%	67%
Brouwersdam	1%	3%	25%	71%
Haringvlietsluizen	1%	4%	16%	79%
Hinderplaat	34%	1%	39%	25%
Hinderplaat (buiten rustgebied)	8%	2%	40%	49%
Kwade Hoek	23%	4%	43%	29%
Maasvlakte	0%	1%	0%	99%
Neeltje Jans	0%	0%	12%	88%
Oosterscheldekering Noord	0%	1%	2%	97%
Oosterscheldekering Zuid	0%	0%	1%	99%
Overig gebied Voordelta	51%	2%	24%	23%
Plaat van het Watergat	32%	6%	28%	33%
Slikken van Voorne	3%	8%	20%	69%
Strand Ouddorp	8%	5%	24%	63%
Strand Renesse	0%	4%	10%	86%
Strand Rockanje	4%	3%	25%	68%
Strand Schouwen	7%	5%	25%	63%
Strand Walcheren Noord	6%	4%	10%	80%
Veerse Dam	0%	2%	2%	96%
Verklikkerplaat	14%	19%	18%	48%
Verklikkerplaat (buiten rustgebied)	16%	18%	11%	55%
Totaal	12%	5%	19%	65%

In bovenstaande analyse spelen 2 factoren een grote rol: (1) sommige gebieden worden nooit als rustgebied gebruikt, maar dat is onafhankelijk van verstoring en (2) de tijd van het jaar bepaalt ook sterk of vogels op de platen rusten of niet. Daarom is in Tabel 5.12 voor een selectie van de gebieden (alle ten noorden van de Bollen van het Nieuwe Zand) de analyse opnieuw gedaan voor alle tellingen in juli ($n = 13$); voor beide soorten de periode net na het broedseizoen. Wat dan opvalt is dat op de Hinderplaat (ook binnen het rustgebied) scenario 3 vaak voorkomt (wel aalscholvers, geen sterns) (Tabel 5.11) net zoals op het strand van Ouddorp. Dit zou betekenen dat er wel voldoende rust is in dit voor sterns ingestelde rustgebied, maar dat het gebied klaarblijkelijk niet aantrekkelijk is voor sterns. Dit in tegenstelling tot de Bollen van de Ooster, waar in de meerderheid scenario 1 wordt aangetroffen. Waarschijnlijk is dit gebied aantrekkelijk voor sterns door de nabijheid van geschikte foerageergronden. Toch wordt ook op de Bollen van de Ooster regelmatig in juli scenario 3 aangetroffen. Echter de afwezigheid van scenario 4 suggereert dat van verstoring in dit gebied geen sprake is. Dit in tegenstelling tot de Verklikkerplaat en de Bollen van het Nieuwe Zand, waar regelmatig zowel scenario 1 als ook scenario 4 wordt aangetroffen. Verder is opvallend dat op het strand van Ouddorp regelmatig aalscholvers rusten, terwijl hier geen enkele keer scenario 1 is aangetroffen. Ook dit stuk is dus onaantrekkelijk voor sterns, terwijl het zeer dicht bij beide kolonies ligt en in potentie aantrekkelijk zou moeten zijn.

Tabel 5.12 Voorkomen van de verschillende scenario's voor verstoring van aalscholvers en grote sterns tijdens de vliegtuigtellingen in juli voor een selectie van gebieden (zie tekst).

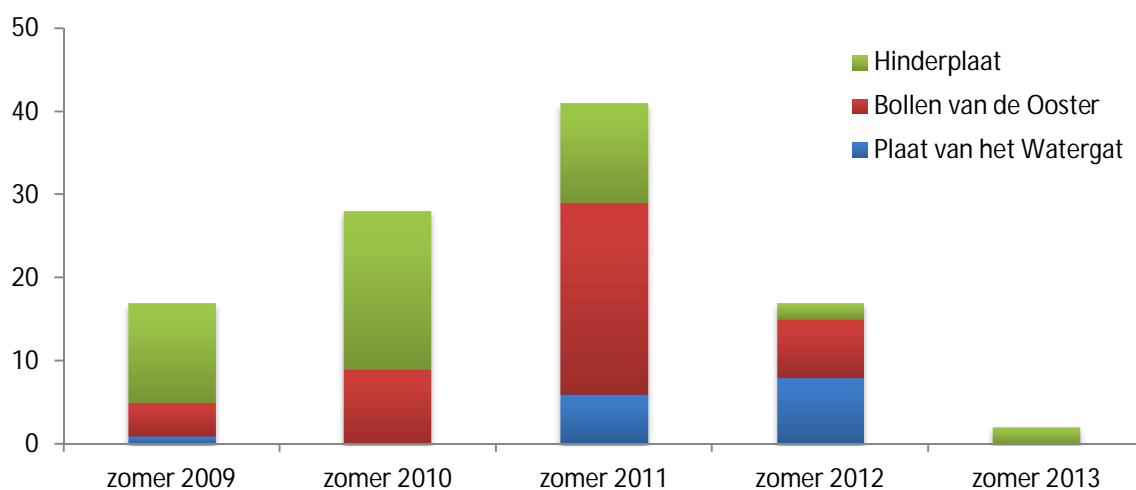
Deelgebied	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Bollen van de Ooster	69%	0%	31%	0%
Bollen van het Nieuwe Zand	23%	15%	0%	62%
Hinderplaat	38%	0%	62%	0%
Hinderplaat (buiten rustgebied)	0%	0%	92%	8%
Kwade Hoek	38%	0%	62%	0%
Plaat van het Watergat	54%	0%	38%	8%
Strand Ouddorp	0%	15%	54%	31%
Verklikkerplaat	31%	23%	15%	31%
Verklikkerplaat (buiten rustgebied)	31%	31%	8%	31%
Totaal	17%	6%	26%	51%

De vraag is nu of er verschillen zijn opgetreden tussen T0 en T1. De vergelijking van T0 met T1 brengt een aantal verschuivingen aan het licht. Opvallend is de verschuiving in het aantal grote sterns dat gebruik maakt van de rustgebieden richting het zuiden, met name richting de Verklikkerplaat (figuur 5,17, 5,18, 5,21, 5,22, bijlage 9). Hier zijn de aantallen rustende sterns in de periode T1 sterk toegenomen ten opzichte van T0, waarschijnlijk vooral veroorzaakt door de hernieuwde vestiging van de kolonie op Markenje. Daarnaast kan een deel van deze verschuiving verklaard worden door een veranderd plaatareaal in het gebied (Bollen van het Nieuwe Zand en Middelpaalt), maar ook mogelijk door de invloed van veranderingen in plaatbezoek en verstoring in de noordelijke Voordelta. Het aantal keren dat zowel rustende aalscholvers als sterns afwezig zijn op de platen tijdens de tellingen lijkt over het algemeen te zijn gedaald bij vergelijking van T0 met T1 (Tabel 5.13), terwijl het aantal keren dat juist beide soorten op de platen rusten is toegenomen. Dit kan een indicatie zijn voor verminderde verstoring in die deelgebieden, echter dit is wel in contrast met het toegenomen (recreatief) gebruik van de Voordelta (zie perceel gebruik).

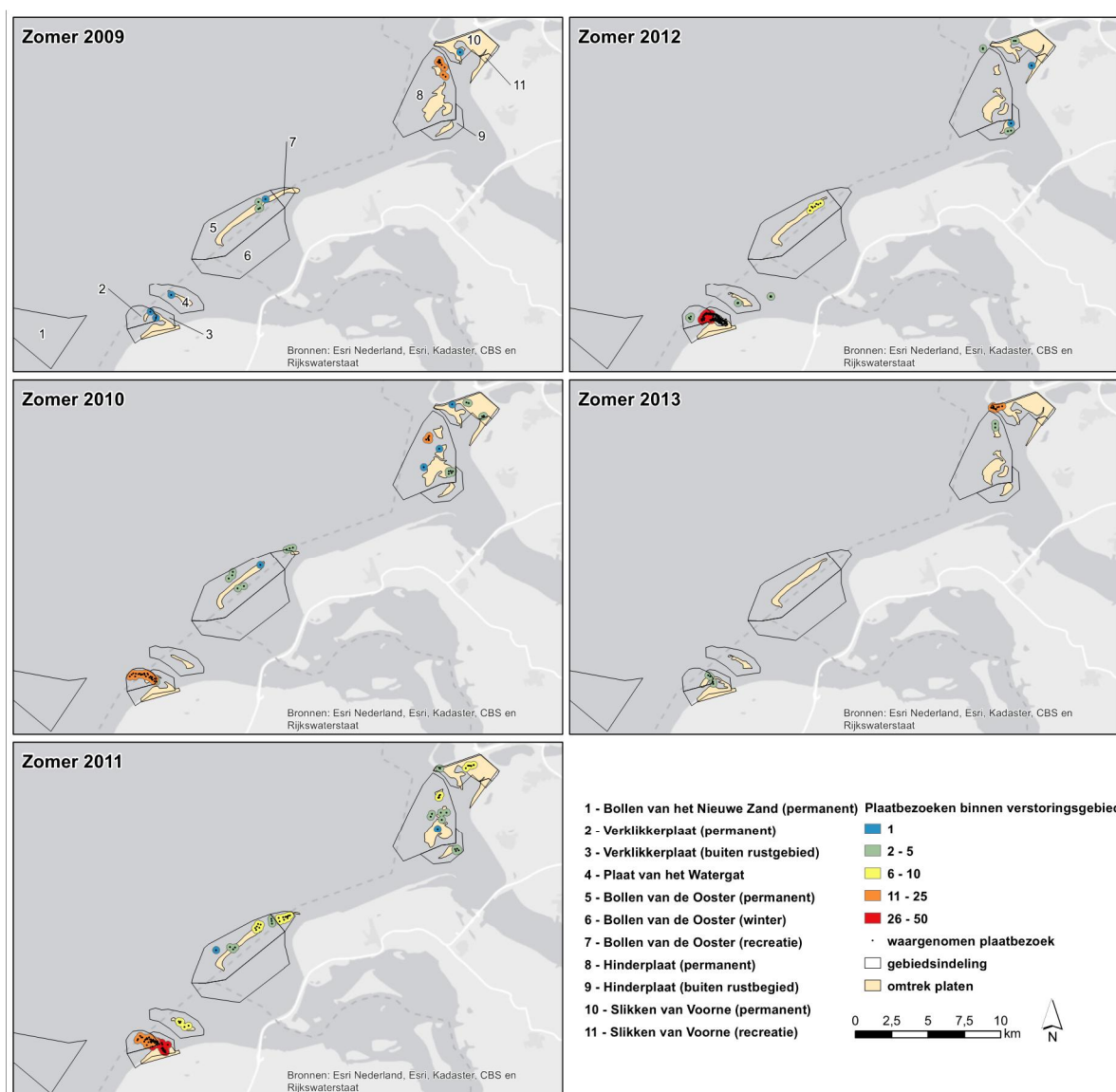
Intensief onderzoek naar verstoringseffecten door plaat betredende recreanten op de Verklikkerplaat en omgeving heeft laten zien (bijlage 8) dat de aantallen rustende sterns mogelijk lokaal beïnvloed worden, maar dat er bij de huidige verstoringssintensiteit altijd wel plekken zijn te vinden op platen en zelfs stranden voor sterns om te rusten. De intensiteit van het plaatbezoek zoals geregistreerd in de Voordelta lijkt van beperkte omvang (zie Figuur 5.54 en 5.55). Door een hoger aantal recreanten neemt wel het aantal verstoringen in de rustgebieden toe, maar dit heeft geen invloed op het totale aantal sterns dat gebruik maakt van een bepaald rustgebied (bijlage 8).

Tabel 5.13 Voorkomen van de verschillende scenario's voor verstoring van aalscholvers en grote sterns tijdens de vliegtuigtellingen onderverdeeld in T0 en T1.

T0				
Deelgebied	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Bollen van de Ooster	39%	0%	16%	45%
Bollen van het Nieuwe Zand	0%	0%	3%	97%
Hinderplaat	32%	3%	23%	42%
Hinderplaat (buiten rustgebied)	3%	6%	23%	68%
Kwade Hoek	16%	6%	32%	45%
Plaat van het Watergat	32%	3%	13%	52%
Strand Ouddorp	13%	3%	6%	77%
Verklikkerplaat	19%	16%	6%	58%
Verklikkerplaat (buiten rustgebied)	6%	23%	10%	61%
T1				
Deelgebied	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Bollen van de Ooster	46%	1%	34%	19%
Bollen van het Nieuwe Zand	25%	16%	6%	53%
Hinderplaat	35%	0%	47%	18%
Hinderplaat (buiten rustgebied)	10%	0%	49%	41%
Kwade Hoek	26%	3%	49%	22%
Plaat van het Watergat	32%	7%	35%	25%
Strand Ouddorp	6%	6%	32%	56%
Verklikkerplaat	12%	21%	24%	44%
Verklikkerplaat (buiten rustgebied)	21%	16%	12%	51%



Figuur 5.54 Aantallen geregistreerde plaatbezoeken in de Voordelta in de ingestelde rustgebieden (data CSO).



Figuur 5.55 Intensiteit en locaties van plaatsbezoek in de Voordelta (data CSO).

5.4.4 Gebiedsgebruik van de Voordelta door de sterns uitgedrukt in vogeldagen

Relatie met de onderzoekshypothesen

Het uitdrukken van het gebiedsgebruik Voordelta in vogeldagen is basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

Hypothese 1: Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van Maasvlakte2, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

Om het gebiedsgebruik van de Voordelta door sterns te karakteriseren wordt de eenheid vogeldagen gebruikt. Het aantal vogeldagen wordt berekend door het aantal vogels aanwezig in het gebied te vermenigvuldigen met het aantal dagen dat deze vogels aanwezig zijn. Het

aantal vogeldagen is een goede ecologische maat om het gebruik uit te drukken, omdat het een product is van aantal en verblijftijd en daarmee een betere relatie met de draagkracht van een gebied heeft dan bijvoorbeeld het maximum aantal vogels aanwezig. Op basis van de beschikbare tellingen zijn per jaar de aantallen vogels vermenigvuldigd met het aantal beschikbare dagen in de genoemde periode. Er is voor de periode mei-juli gekozen omdat voor sterns de maanden mei (eifase), juni (jongenfase) en juli (uitvliegfase) de belangrijkste periode van het broedseizoen omvatten. Hiermee wordt aangenomen dat het gebiedsgebruik van de Voordelta door de sterns het sterkst een relatie zal hebben met de kolonies in de Delta. Met name tijdens de doortrektijd in april en in de periode augustus/september is de kans aanwezig dat ook vogels van elders gebruik maken van de Voordelta.

De transecttellingen die zijn verricht van vogels op het open water zijn door middel van een Distance analyse (zie Bijlage 1) opgewerkt via dichtheden naar totale aantallen per telling. De rustende vogels die integraal zijn geteld op de platen alsmede de concentraties direct langs de kust zijn direct als totaal beschikbaar. Voor beide groepen zijn apart het aantal vogeldagen bepaald.

Voor deze exercitie is ook de aalscholver uitgewerkt. Het onderzoek naar de aalscholver heeft eerder een aanvullende rol gespeeld bij de analyse van verstoring van de platen als rustgebied voor sterns. Hier vervult de data over aalscholvers eveneens een nuttige rol in verband met de overeenkomstige patronen van voorkomen met visdieven, en het specifieke gedrag om te foerageren in het spuiwater van de Haringvlietsluizen.

In de figuren 5.56 en 5.57 vallen de volgende zaken op;

Figuur 5.56 open water;

- voor alle drie de vogelsoorten is er ten opzichte van de T0 geen achteruitgang te zien in het aantal vogeldagen in de twee deelgebieden die Maasvlakte heten. Het betreft hier dus het open zeegebied voor de Tweede Maasvlakte alsmede het Tweede Maasvlakte-gebied dat in de loop van 2009-2012 ontwikkeld is. Voor alle drie de soorten blijkt dat cumulatief gezien de twee deelgebieden Maasvlakte waarschijnlijk een hoger aantal vogeldagen op heeft geleverd dan tijdens de T0. De meest logische verklaring is dat het zeehabitat om te foerageren voor alle drie de soorten is verbeterd door het aanbrengen van een zachte kustwering. Voor de kust zijn geregeld foerageerconcentraties te vinden die in de T0 niet tot nauwelijks aanwezig waren.
- opvallend is dat het patroon van jaar op jaar van visdief en aalscholver veel op elkaar lijken, met een opvallende piek in 2010 die voornamelijk wordt veroorzaakt door hoge aantallen in het Maasvlaktegebied. Deze piek is niet zichtbaar in de aantallen in de kustzone (Figuur 5.57), zodat blijkbaar voor beide soorten tijdelijk de foerageeromstandigheden gunstig zijn geweest in dit deelgebied.
- voor visdieven en aalscholvers kan geconcludeerd worden dat de aantallen bij elkaar opgeteld in de T1 in twee of drie jaar hoger liggen dan het niveau tijdens de T0. Gemiddeld ligt het niveau van het aantal vogeldagen in de T1 hoger dan in de T0.

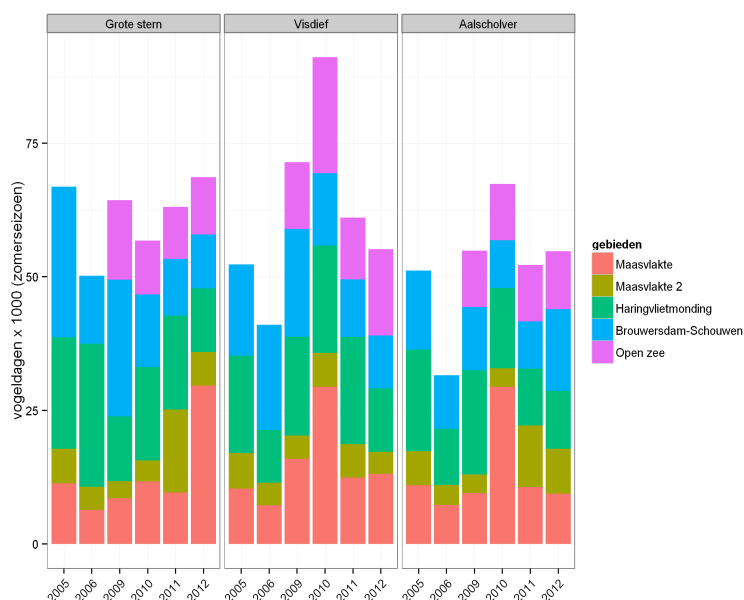
Figuur 5.57 kustzone;

- voor visdief is een veel hoger aantal vogeldagen vastgesteld in de T0 dan in de T1. Een mogelijke verklaring is een verandering in gedrag ten aanzien van het benutten van de Haringvlietsluizen onder invloed van lagere afvoerhoeveelheden tijdens de T1 (zie Figuur 5.58). Deze verklaring gaat mogelijk ook op voor de aalscholver.
- voor grote sterns lijkt het erop dat de toename in de T1 ten opzichte van T0 een direct verband houdt met de broedvogelaantallen in het Haringvliet.

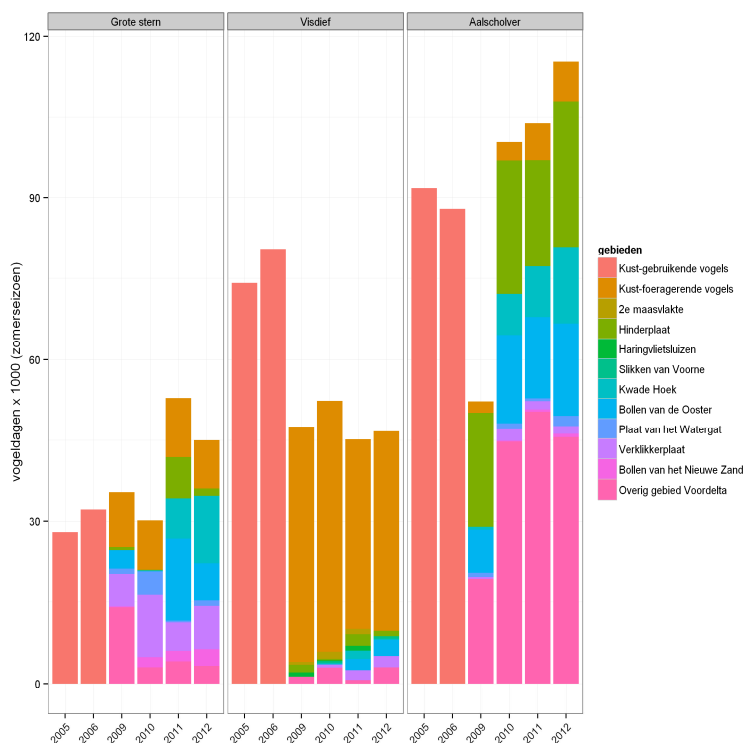
- voor visdieven is de afname ten opzichte van de T0 naast de afname van het gebruik van de Haringvlietsluizen mede toe te schrijven aan de lagere aantallen broedparen (figuur 5.14).

Figuur 5.59 Voordelta totaal;

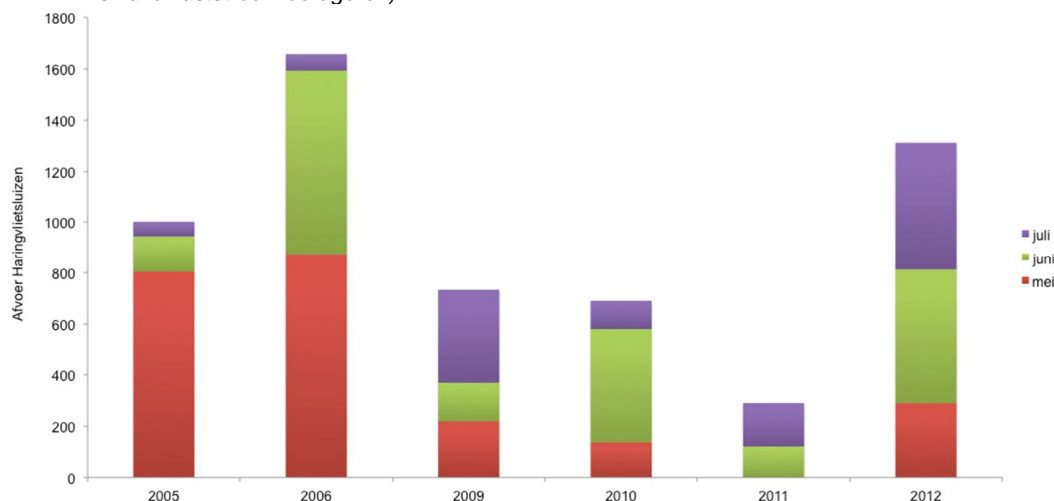
- voor grote sterns liggen de laatste twee jaren van de T1 hoger dan van T0. Deze toename lijkt in eerste instantie een direct verband te houden met de hogere broedvogelaantallen in het Haringvliet (Figuur 5.13, 5.14), maar er lijkt ook proportioneel meer gebruik plaats te vinden van het gebied rond de Maasvlakte2 (Figuur 5.56) wat zou wijzen op een aantrekkelijker foerageergebied.
- voor visdieven is de afname ten opzichte van de T0 naast de afname van het gebruik van de Haringvlietsluizen (Figuur 5.56) mede toe te schrijven aan de lagere aantallen broedparen in de Delta (Figuur 5.15, 5.16).
- een nadere onderbouwing voor deze interpretatie bij de visdief is dat de afname ten opzichte van de T0 voor de aalscholver met eveneens een afname in gebruik van de Haringvlietsluizen als foerageergebied niet doorgezet in de latere jaren van de T1. Dit heeft te maken met het feit dat de aalscholverbroedpopulatie geen negatieve trend kent (zie Hoofdstuk 6).



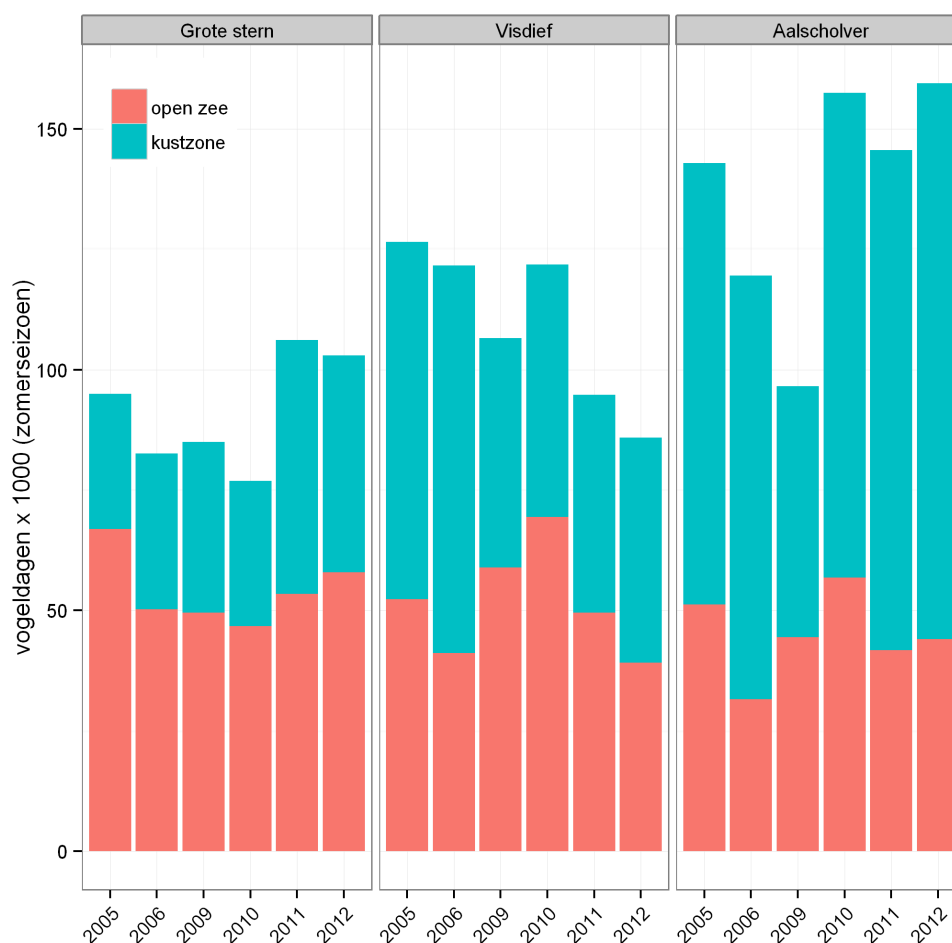
Figuur 5.56 Aantal vogeldagen per jaar voor de maanden mei-juni-juli van vogels op het open water in de Voordelta. In de T1 is ook het open zeegebied voor de kust van Walcheren gedekt met twee transecten (aangegeven met paars – open zee), zie bijlage 1, Figuur B-1.3. In de T0 werd dit gebied niet onderzocht.



Figuur 5.57 Aantal vogeldagen per jaar voor de maanden mei-juni-juli van vogels rustend op de platen en actief in de nauwe kustzone in de Voordelta. In T0 is niet bij alle tellingen het gedrag bijgehouden, zodat voor deze periode alle vogels in de legenda aangemerkt zijn als kust-gebruikende vogels (waarbij geen onderscheid mogelijk is tussen vogels rustend op stranden en platen en vogels die in de smalle kuststrook foerageren).



Figuur 5.58 Afvoer van de Haringvlietsluizen in de maanden mei-juni-juli voor de T0 (2005 en 2006) en T1 (2009-2012).



Figuur 5.59 Aantal vogeldagen per jaar voor de maanden mei-juni-juli van vogels in de totale Voordelta voor de kust van Schouwen tot aan de Nieuwe Waterweg met een onderscheid tussen vogels van het open water (figuur 5.56 minus het open zeegebied voor de kust van Walcheren) en de kustzone (figuur 5.57).

5.4.5 Gebiedsgebruik grote sterns - nadere uitwerking GPS-loggers 2012 en 2013

Grote sterns broedend op de Scheelhoek in 2012 maakte foerageertochten binnen het ingestelde bodembeschermingsgebied en Natura 2000-gebied maar ook ver daarbuiten (§5.3). Op basis van de GPS posities konden voor alle tochten een triplengte (km), tripduur (min) en maximale afstand buiten de kolonie (km) berekend worden die indicatief zijn voor de foerageerefficiëntie en –investering van individuele sterns. De meest voorkomende tochten in 2012 waren tot 60 km lang (>82%, Figuur 5.60) en duurde korter dan een uur (Figuur 5.61). Naast het grote aandeel ‘korte’ tochten worden ook een flink aantal langere tochten van meer dan 2 uur gemaakt (figuur 5.61). In 2013 was het beeld heel anders dan in 2012. Meer dan de helft van de geregistreerde tochten was in 2013 juist langer dan 60 km (60%, Figuur 5.62) en langer dan twee uur (Figuur 5.63). Van alle complete tochten was 60% tussen de 40 en 60 km.

Ondanks de kleine steekproefgrootte leek het erop dat de foerageerlocaties van grote sterns in de loop van het seizoen van 2012 verder weg kwamen te liggen (Figuur 5.64). De vogels jongen van ongeveer één tot twee dagen oud foerageerden relatief dichtbij in het Hinderplaatgebied en ten noordwesten van Goeree met een maximale triplengte van 60 km. De vogel met jongen van ongeveer 2 weken oud foerageerde verder weg van de kolonie in het zeegebied ten westen en noordwesten van Goeree. Vogels met jongen van drie tot vier weken foerageerden tot ver buiten het Natura 2000-gebied tot 100 km afstand (Zie bijlage 4). Wel is het zo dat er beduidend meer neerslag was tijdens het volgen van deze laatste vogels. Aangezien foerageersucces gecorreleerd is aan doorzicht en dus weersomstandigheden (Baptist & Leopold 2010) kan dit van invloed zijn op de afstand die vogels afleggen om tot een succesvolle vangst te komen. Echter vooral de foerageerduur zal afhangen van weer en niet zozeer de locatie. Helaas bleek een dergelijke analyse in 2013 niet mogelijk, omdat slechts één kuikenvoerende vogel, en dus maar één kuikenleeftijd, kon worden gevolgd. Ook van vier van de zes hiervoor beschreven vluchten waar de precieze prooi kon worden vastgesteld zijn deze gegevens beschikbaar en deze worden weergegeven in Tabel 5.14.

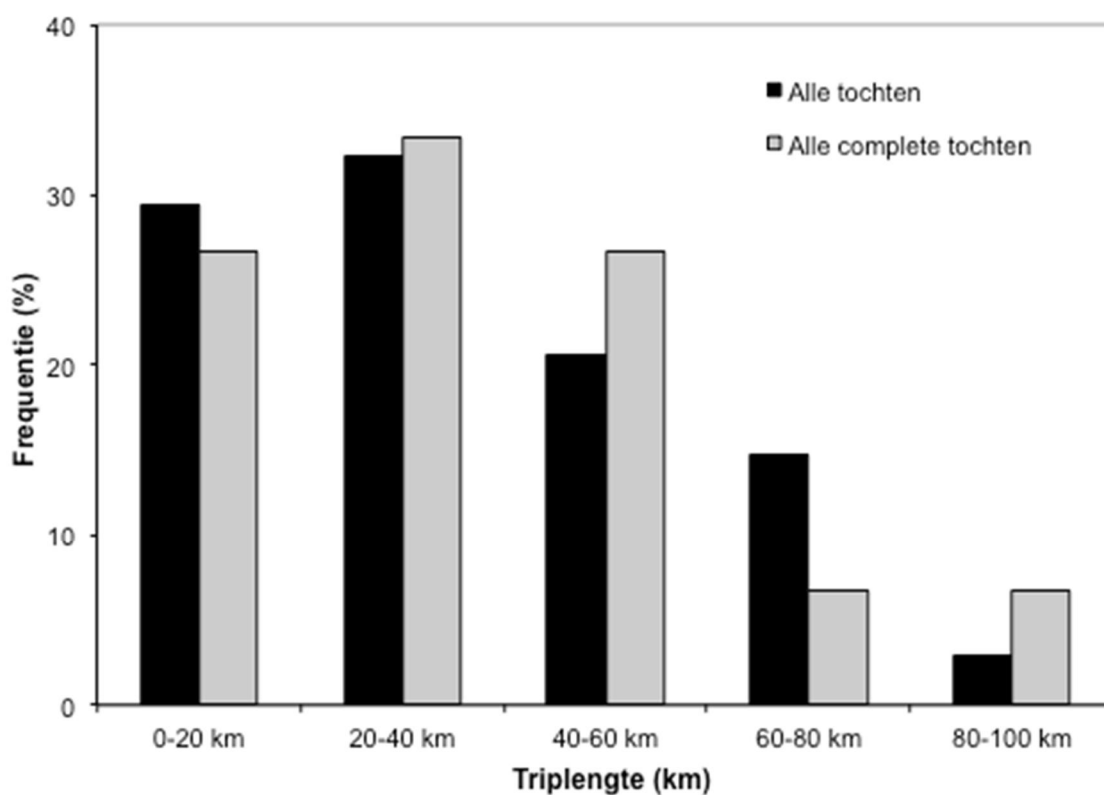
In 2013 zijn ook van 4 andere sterns GPS posities opgeslagen tijdens foerageertochten. Echter, al deze vogels hadden geen kuikens meer. Actieradius, triplengte en tripduur zijn daarom van weinig nut binnen de kaders van dit onderzoek. De locaties van de foerageerplekken zeggen wel veel over de voedselbeschikbaarheid binnen de Voordelta. Vandaar dat deze vogels wel worden meegenomen in volgende delen van dit hoofdstuk.

Tabel 5.14 Foerageer- en vluchtduur voor bekende prooien die zijn aangevoerd in de kolonie.

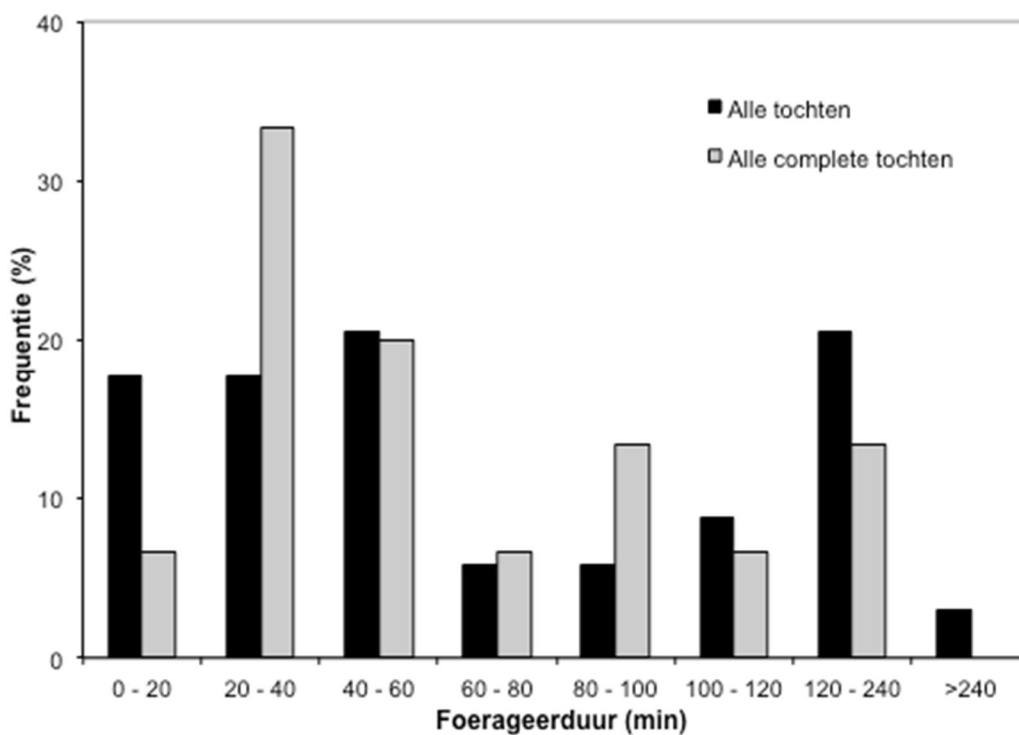
Prooi	Lengte (SL)	Jaar	Vluchtduur	Uitvliegen	Foerageren	Invliegen
Haring	1,75	2012	36	15	11	10
Haring	1,75	2012	41	15	10	16
Haring	1,5	2012	26	11	5	10
Haring	2,25	2012	61*	30*	1*	30*
Zandspiering	2,75	2013	129**	27**	75**	27
Zandspiering	2,75	2013	151	62	47	42

* Van deze haring is alleen een deel van de terugvlucht vastgelegd. Hierdoor is een minimumschatting te geven van de duur van uitvliegen. Dit zal ook de schatting van uitvliegen zijn en deze twee samen (plus een minimum van 1 minuut foerageren) is een minimumschatting van de totale vluchtduur.

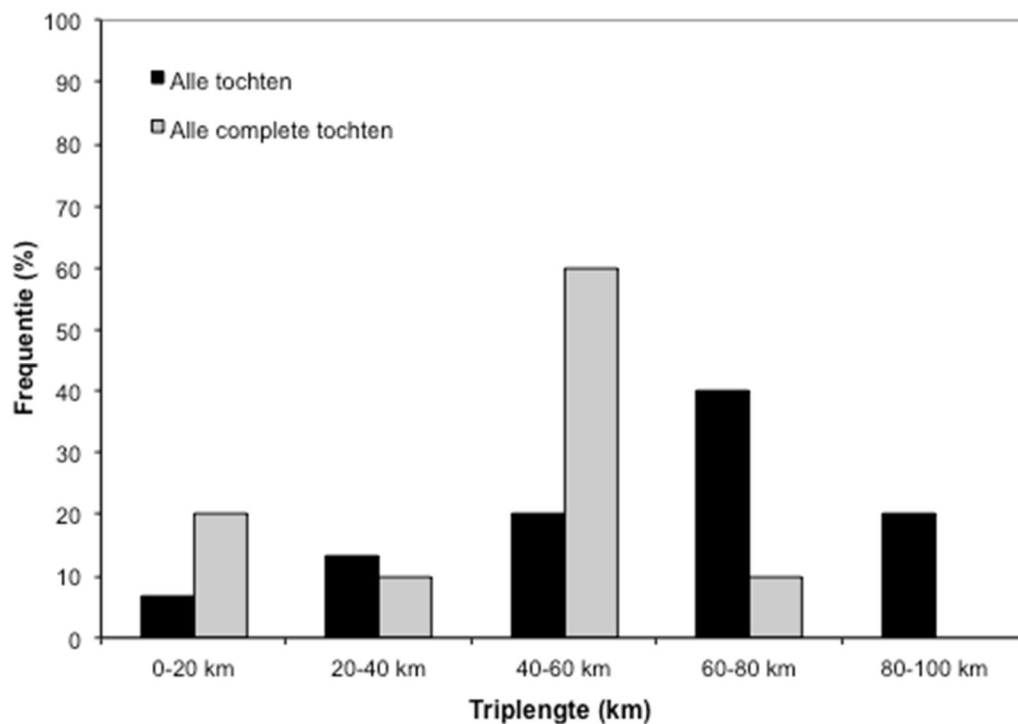
** Van deze zandspiering is alleen (een deel van) het foerageren en de terugvlucht vastgelegd. Hierdoor is een minimumschatting te geven van de duur van het uitvliegen en de foerageerduur resulterend in een minimum schatting voor de totale vluchtduur.



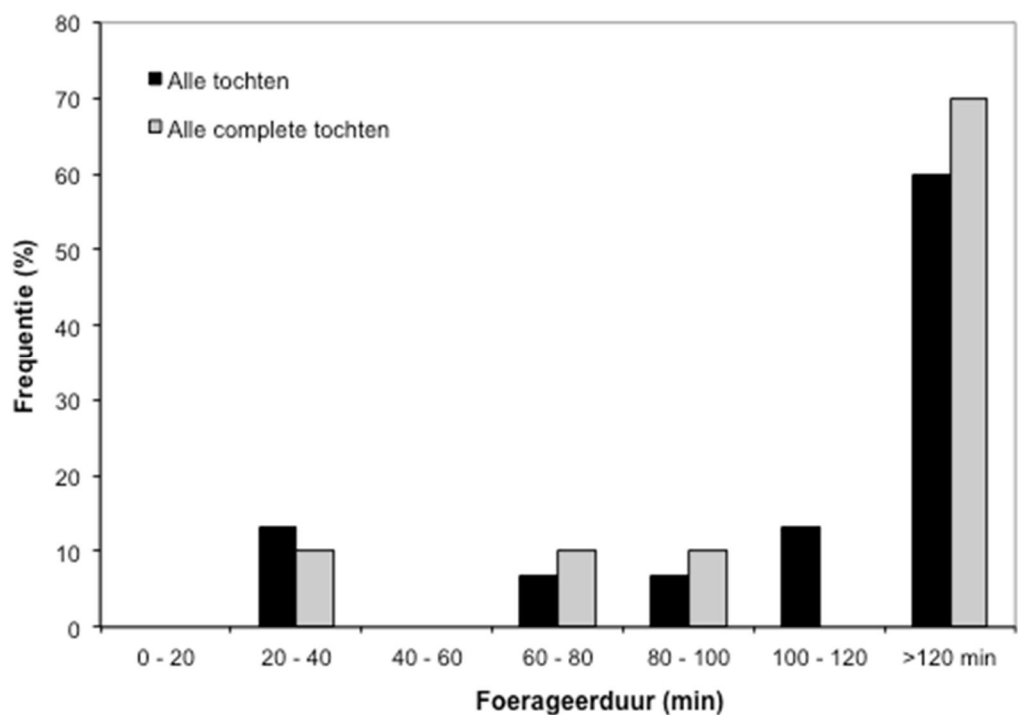
Figuur 5.60 Frequentieverdeling van triplengte van alle 34 tochten en de 15 complete tochten in 2012.



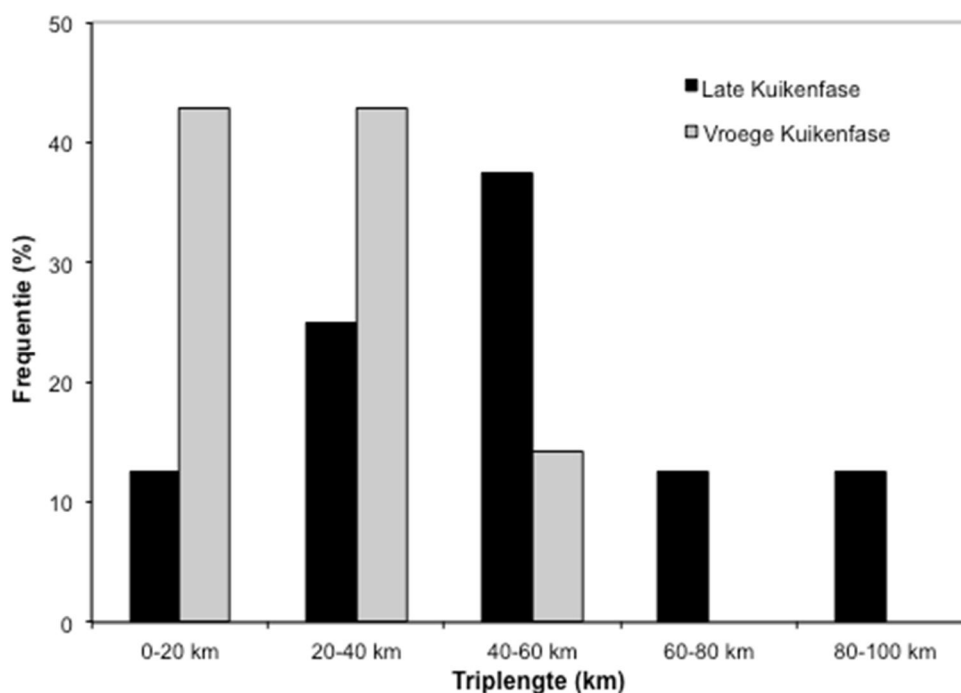
Figuur 5.61 Frequentieverdeling van foerageerduur van alle 34 tochten en de 15 complete tochten in 2012.



Figuur 5.62 Frequentieverdeling van triplengte van alle 15 tochten en de 10 complete tochten in 2013.



Figuur 5.63 Frequentieverdeling van foerageerduur van alle 15 tochten en de 10 complete tochten in 2013.

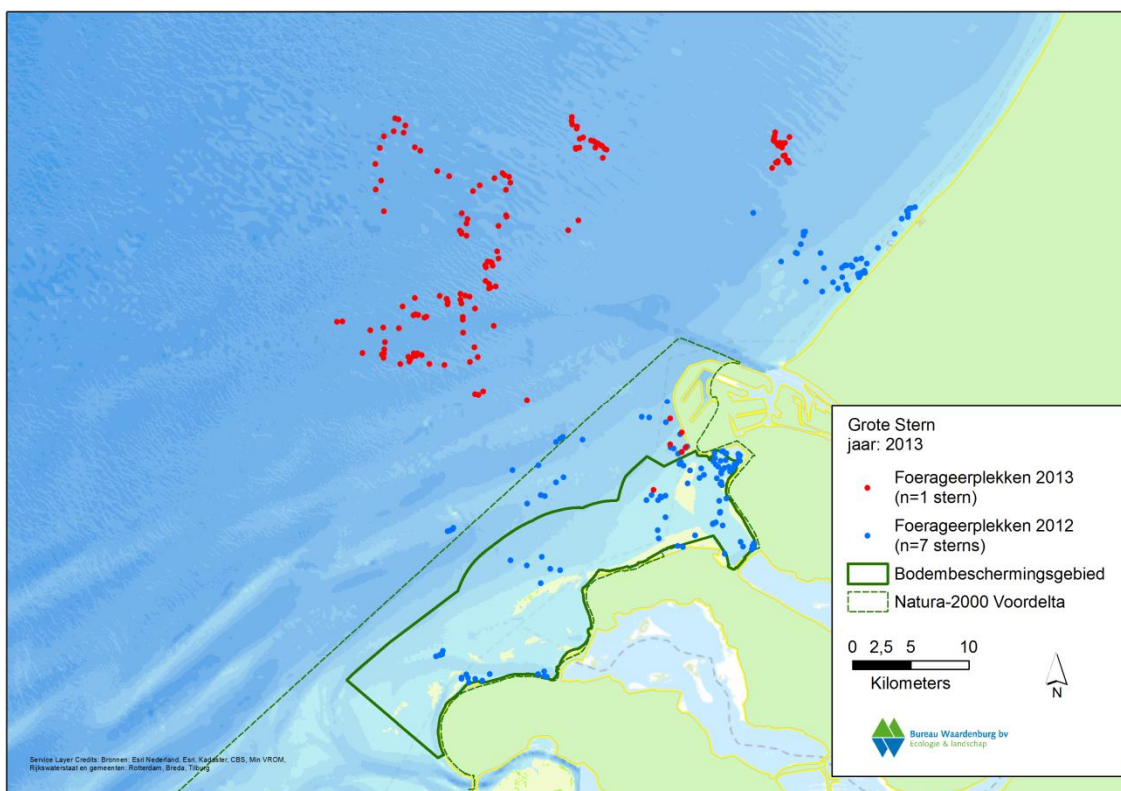


Figuur 5.64 Frequentieverdeling van triplengte van alle complete tochten (n=15) verdeeld tussen vogels in de vroege kuikenfase (eind mei) en de late kuikenfase (halverwege juni) in 2012.

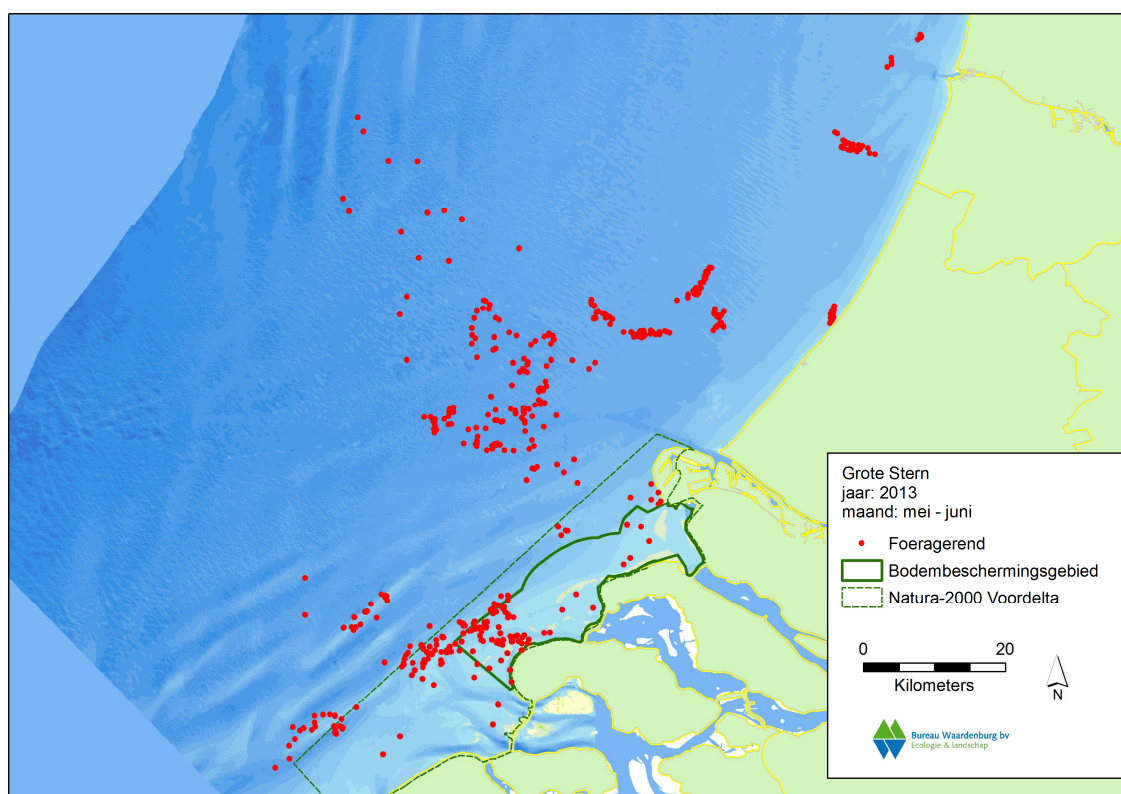
Voerageerlocaties binnen en buiten de Voordelta

De met de GPS-loggers vastgestelde voerageerlocaties voor kuikenvoerende grote sterns van de Scheelhoek lagen in 2012, binnen de Voordelta, van zuid naar noord rond de Verklikkersplaat, de Bollen van de Ooster, het zeegebied ten noorden van Ouddorp, en in het gebied rond de Hinderplaat. Zoals ook uit de vliegtuigtellingen naar voren kwam, bleken grote sterns van de Scheelhoek ook (ver) buiten het Natura 2000-gebied te voerageren ten noordwesten van Goeree, langs de kust van de Tweede Maasvlakte en in het zeegebied tussen Hoek van Holland en Scheveningen (inclusief de Zandmotor) (Figuur 5.65). Een groot deel van de geregistreerde voerageertochten is relatief kort en dichtbij in de Haringvlietmonding. Zo gauw grote sterns de kolonie verlaten en de Haringvlietdam overvliegen zijn er uit de Scheelhoekkolonie twee hoofdroutes. De noordelijke route gaan langs de kust van Voorne (bij de stranden van Rockanje) richting de Hinderplaat of nog verder langs de kust van de Tweede Maasvlakte richting het gebied ten noorden van de Nieuwe Waterweg tot en met de haven van Scheveningen. Eenmaal is een passage van een grote stern door het gebied van de Tweede Maasvlakte waargenomen. De tochten via de westelijke route gaan langs de Kwade Hoek naar het zeegebied ten noorden en noordwesten van Goeree tot aan de Verklikkersplaat. Twee keer sneden grote sterns de bocht van de Kwade Hoek 'af' en vlogen over Goeree richting de kolonies op de Scheelhoek. Ook uit visuele waarnemingen blijkt dat vluchten over land regelmatig plaatsvinden. In 2013 lagen de voerageergebieden van één kuikenvoerende grote stern voornamelijk buiten het Natura 2000-gebied Voordelta, ten noordwesten van de kolonie op een afstand tussen de 25 en 50 km (Figuur 5.65). Eenmaal werd er gevoerageerd langs de kust van de Tweede Maasvlakte, eenmaal in de Haringvlietmonding (beide binnen de grenzen van het Natura 2000-gebied), en eenmaal op zo'n 13 km uit de kust van Scheveningen, ten noorden van de kolonie.

De met de GPS-loggers vastgestelde foerageerlocaties van grote sterns van de Scheelhoek met een mislukt broedsel lagen zeer wijd verspreid voor de Franse, Belgische en Nederlandse kust (Figuur 5.66). Eén vogel vloog naar het zuiden en foerageerde bij Le Havre en de Frans/Belgische grens alvorens uit de kolonie te verdwijnen. De overige vogels foerageerden met name binnen de grenzen van het Natura 2000-gebied ten westen van Walcheren, voor de kust van Schouwen en ver uit de kust (tot 75 km) ten noordwesten van Goeree (Figuur 5.66). Eén vogel maakte een tweedaagse tocht langs de kust van Zuid- en Noord-Holland met een overnachting in de Putten en foerageerde op diverse plekken langs de route. De foerageergebieden ten noorden van het Noordzeekanaal werden niet benut vanaf de Scheelhoek maar vanaf diverse overnachtingsplekken op Texel en in de Putten.



Figuur 5.65 Foerageerlocaties van sterns met GPS-loggers in 2012 (blauw) en 2013 (rood).



Figuur 5.66 Foerageerlocaties van alle sterns met GPS-loggers in 2013 waarvan het broedsel mislukte, bereikt tijdens tochten vanuit de Voordelta.

5.4.6 Deelconclusies gebiedgebruik Voordelta

- 1) De vliegtuigtellingen hebben voor zowel grote sterns als visdieven een goed beeld gegeven van de patronen van het gebiedsgebruik van de Voordelta in ruimte en tijd. Bij het interpreteren van deze patronen, met name bij de vergelijking tussen de T0 en T1, is het belangrijk om de ligging en grootte van de kolonies in de Delta in het achterhoofd te houden en voor de visdief specifiek het spui-regime van de Haringvlietsluizen.
- 2) Het aantal vogeldagen voor grote sterns ligt de laatste twee jaren van de T1 hoger dan van T0. Deze toename lijkt een direct verband te houden met de hogere broedvogelaantallen in het Haringvliet, maar er wordt ook proportioneel meer gebruik gemaakt van het gebied rond de Tweede Maasvlakte, wat een aanwijzing zou kunnen zijn voor een aantrekkelijker foerageergebied door de habitatverandering van de kustlijn hier.
- 3) Het aantal vogeldagen voor visdieven ten opzichte van de T0 is duidelijk afgenomen. Dit wordt mogelijk verklaard door een afname van het gebruik van de Haringvlietsluizen alsmede het lagere aantallen broedparen in de Delta.
- 2) De VHF-zenders gaven een eerste inzicht in de foerageerlocaties van kuiken voerende grote sterns en visdieven, maar vooral het kunnen uitrusten van grote sterns met GPS-loggers heeft veel nieuwe informatie voor deze soort opgeleverd over het gebruik van de Voordelta als foerageergebied. Verschillende foerageergebieden konden worden aangewezen, met name buiten de begrenzingsen van het Natura 2000-gebied.
- 3) Voor visdieven is met behulp van de radiozenders duidelijk geworden waar adulte vogels voedsel zoeken voor hun jongen. Adulte broedende visdieven van de drie in de Noordelijke Delta gevolgde kolonies bleken voornamelijk binnen het

Bodembeschermingsgebied te foerageren, maar dan vooral in de Haringvlietmonding en in het zeegebied rond de Tweede Maasvlakte.

- 4) Deze bevindingen van het GPS-loggeronderzoek en de vele waarnemingen van adulte sterns met een vis in de snavel vanuit het vliegtuig en vanuit de zodiacs tijdens het pelagisch vissen die buiten de begrenzings van het Natura 2000-gebied naar de kolonies vliegen lijkt er op te wijzen dat de vissen voor de kuikens relatief ver op zee zowel binnen, maar mogelijk voor een belangrijk deel ook buiten de Voordelta (soms ten noorden van de Nieuwe Waterweg) worden gevangen.
- 5) Op basis van de data van vogels met een mislukt broedsel met zender of GPS-logger zijn er aanwijzingen dat met name deze vogels relatief dichtbij binnen de Voordelta te vissen zoals rond de platen in de Haringvlietmonding (Hinderplaat) en relatief dichtbij uit de kust van Schouwen en Walcheren, maar ook deze groep vogels gaan ook bij tijd en wijle ver de zee op.
- 6) Uit de GPS-loggegevens blijkt dat adulte vogels met een broedsel ongeveer 10% van de tijd buiten de kolonie in de Voordelta gebruikt wordt om te rusten tijdens de complete tochten die met de loggers zijn opgeslagen. Relatief en absoluut is de totale tijd op dagbasis besteed aan rusten op platen in de Voordelta door deze vogels beperkt.
- 7) Mogelijk dat de grote sterns die tijdens het broedseizoen in de periode mei-juni op de platen zitten voor een groot deel uit niet-broedende adulten bestaan. Dit vermoeden bestond al naar aanleiding van het VHF-zender onderzoek in 2009 en 2010.

5.5 NADERE ANALYSES EN VERBANDEN BROEDBIOLOGIE, DIEET EN FOERAGEERGEDRAG

In de subparagrafen hierna wordt de basisinformatie uit paragraaf 5.3 ten aanzien van het onderzoek in de kolonies naar broedbiologie, dieet en foerageergedrag nader geanalyseerd en worden onderlinge verbanden gelegd. Ook worden verbanden gelegd met de informatie uit de andere onderzoekspercelen. Bij iedere subparagraaf wordt aangegeven aan welke hypothese toetsing de nadere analyse bijdraagt. Aan het eind van deze paragraaf worden alle bevindingen ten aanzien van het onderwerp 'Broedbiologie, dieet en foerageergedrag' samengevat in deelconclusies. Deze vormen samen met de eerste bevindingen uit paragraaf 5.3 de basis voor de finale beantwoording van de onderzoekshypothesen die in paragraaf 5.6 plaatsvindt.

5.5.1 Energetische beperkingen van foeragerende grote sterns in relatie tot voedselkwaliteit en -beschikbaarheid

Relatie met de onderzoekshypothesen

De analyse van de energetische beperkingen van foeragerende grote sterns in relatie tot voedselkwaliteit en -beschikbaarheid levert basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

Hypothese 2: Het aantal grote sterns/visdieven (adult en/of juveniel) in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

Hypothese 4: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatsinvloeden.

Hypothese 7: Er is geen relatie tussen de voedselsituatie lokaal of elders en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta

5.5.1.1 Inleiding

De bevindingen op het vlak van fluctuaties in dieetsamenstelling, prooilengte en aanvoerfrequentie van prooivissen, zoals gepresenteerd in de paragrafen 5.3.5 en 5.3.6, zijn feitelijk een weerslag van de foerageerbeslissingen die sterns maken op basis van de heersende voedselsituatie. Daardoor is het niet altijd duidelijk hoe een verandering in dieetsamenstelling of lengtes van aangevoerde prooien in de kolonie vertaald kan worden naar wat er zich werkelijk afspeelt in het foerageergebied. Relatief weinig haring in het dieet kan bijvoorbeeld betekenen dat er weinig haring beschikbaar was of dat er veel alternatieve prooien voorhanden zijn.

Om wat meer grip te krijgen op de relatie tussen voedselbeschikbaarheid en de metingen in de kolonie werd een meer modelmatige aanpak gevolgd waarbij op bio-energetische wijze naar de prooidieren wordt gekeken. Om twee redenen werd gekozen voor de grote stern als modelsoort. Enerzijds heeft de grote stern een veel duidelijker en minder flexibele voedselvoorkeur dan de visdief. Hierdoor reflecteren de waarnemingen in de kolonie beter de ontwikkelingen in de foerageergebieden in de Voordelta. Anderzijds foerageren grote sterns exclusief in zout water en verder uit de kust dan visdieven. Hierdoor worden ze potentieel sterker beïnvloed door de Tweede Maasvlakte en de compensatiemaatregelen dan visdieven (met uitzondering van de kolonies die in de onmiddellijke omgeving van de Tweede Maasvlakte liggen zoals het Visdifeiland en de Vogelvallei).

5.5.1.2 Model

Voor de grote stern werd berekend hoeveel energetische marge of keuze een foeragerende adult heeft bij de keuze van een prooi voor zijn opgroeiend jong. De details van deze berekening worden gegeven in Bijlage 12. Samengevat komt het op het volgende neer. Een foeragerende adult moet telkens een keuze maken voor een bepaalde prooi-soort en een bepaalde prooilengte die het best past bij de grootte van zijn jong. Daarbij zijn er twee randvoorwaarden:

1. de prooi moet voldoende energie opleveren voor de verdere groei van het jong (energetische beperking)
2. de prooi mag niet te groot zijn want dan kan het kuiken die prooi niet meer doorslikken (fysieke beperking)

De twee 'knoppen' waar de oudervogel aan kan 'draaien' zijn de keuze van de prooi-soort en de keuze van de prooilengte. Deze beide keuzemogelijkheden hebben een effect op de foerageerlocatie en dus op de vluchtduur. Bij een bepaalde ruimtelijke verdeling van de prooidieren betekent dit dus een set aan mogelijke 'trade-offs' tussen prooi-soort, prooilengte en vluchtduur.

Voor het model werden eerst de randvoorwaarden gekwantificeerd:

1. wat is de minimale energetische behoefte bij een bepaalde kuikenleeftijd?
2. wat is de maximale grootte van een prooi die kan worden doorgeslikt op een bepaalde kuikenleeftijd?

Deze beide randvoorwaarden leiden per prooi-soort tot een range aan prooilengtes die per tijdseenheid kunnen worden aangevoerd om in de energiebehoefte van een kuiken van een bepaalde leeftijd te voorzien. Hoe verder weg de prooi dient te worden gehaald (en dus hoe groter de tussenpozen tussen twee voederbeurten van het jong), des te groter de prooi moet zijn om de energiebehoefte te dekken. Aan de prooilengte zit een bovengrens die wordt bepaald door de grootte van de keelopening van het kuiken.

5.5.1.3 Gegevens-input

Tijdens het kolonie-onderzoek op de Scheelhoek werden jaarlijks gegevens verzameld over de duur van een voedselvlucht en de kans dat een prooi uiteindelijk werd opgegeten door het kuiken. Beide variabelen zijn afhankelijk van de prooi-soort en de prooilengte (zie Bijlage 11). Deze gegevens werden gebruikt om te bepalen wat de **minimale prooigrootte** is die een grote stern naar zijn kuiken moet brengen om te voldoen aan de dagelijkse energiebehoefte (gegevens over de dagelijkse energiebehoefte zijn afkomstig van Klaassen *et al.* (1992), zie Bijlage 11). Uit metingen van de grootte van de keelopening van grote sternkuikens van verschillende leeftijden (gegevens afkomstig van Griend 1993-1996) werd vervolgens berekend wat de **maximale prooigrootte** is die een kuiken nog kan doorslikken. De maximale prooigrootte is afhankelijk van zowel de prooi-soort als van de leeftijd van het kuiken (zie bijlage 10).

5.5.1.4 Resultaten

Grote sterns brengen nagenoeg alleen haringachtigen en zandspieringen aan naar de kolonie (zie paragraaf 5.3.4). Voor beide prooi-soorten werd de minimale en maximale prooigrootte berekend die nodig is om in de energie-behoefte van een kuiken van een bepaalde leeftijd te voorzien. Het verschil tussen deze minimale en maximale prooigrootte geeft de range van prooilengtes waartussen een oudervogel kan kiezen op een bepaalde leeftijd van zijn kuiken. Die marge tussen kleinst mogelijke en grootst mogelijke prooien is over het algemeen vrij groot aan het begin en aan het einde van de kuikenfase (Figuur 5.67). Tussen dag 10 en dag 15 is de marge een stuk kleiner. In die periode piekt de energiebehoefte van de kuikens, maar zijn de kuikens nog niet groot genoeg om de grote, energierijke prooien door te slikken. De marge in prooigrootte verschilde sterk tussen de onderzoeksjaren.

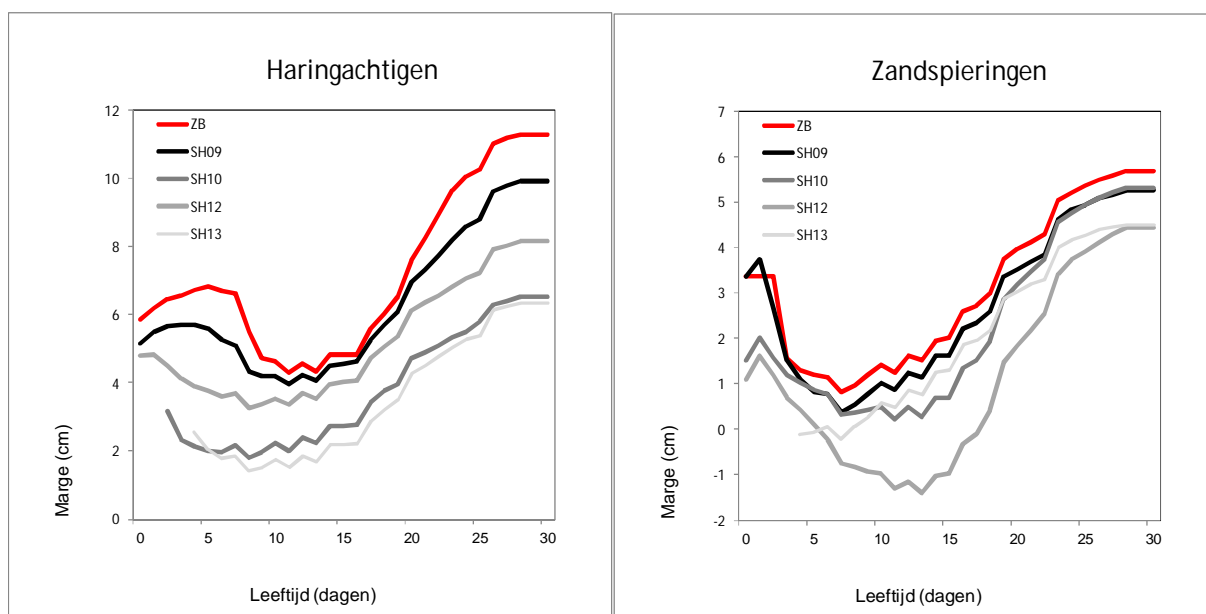
Hieronder worden de belangrijkste uitkomsten van het 'model' besproken.

In **2009** hadden de grote sterns op de Scheelhoek een ruime keuze wat betreft de grootte van de haringachtigen als gevolg van een relatief korte foerageerduur. Zelfs tussen dag 10 en 15 bedroeg de theoretische marge tussen de kleinst en grootst mogelijk haringachtige nog altijd meer dan 4,5 cm. Zandspiering was in die fase van het kuikenstadium een minder voor de hand liggende keuze, omdat de marge in zandspieringlengte voor kuikens van 10-15 dagen oud slechts ongeveer 1 cm bedroeg.

In **2010** lagen de kaarten heel anders. Het duurde veel langer dan in 2009 om een haringachtige van geschikte lengte aan te brengen (zie Bijlage 11). Vooral aan het begin van de kuikenfase waren de keuzemogelijkheden daardoor vrij beperkt en moesten de oudervogels heel specifiek kiezen voor haringachtigen van een bepaalde lengte met een marge van slechts ongeveer 2 cm. Ook de marges voor zandspiering waren (net als in 2009) in die fase uitermate beperkt.

In **2012** was de foerageerduur om haringachtigen van geschikte lengte naar de kolonie te brengen weer een stuk korter wat resulteerde in minimale marges van ongeveer 4 cm. Er werden nauwelijks kleinere zandspieringen aangebracht in 2012. Het was zelfs niet mogelijk om kuikens tussen 6 en 17 dagen oud van voldoende energie te voorzien op een dieet van enkel zandspiering.

In **2013** werden tijdens de eerste twee levensweken van de kuikens nauwelijks haringachtigen aangebracht naar de kolonie, waardoor de ouders zeer beperkt waren in hun prooi-keuze. Dit komt ook tot uiting in de dieetsamenstelling van de kuikens. Figuur 5.43 laat immers zien dat in 2013 in de eerste levensweken relatief veel andere prooien dan haringachtigen en zandspieringen werden aangevoerd, hetgeen in andere jaren niet het geval was.



Figuur 5.67 Marges tussen de kleinste en grootste prooi waarvoor de ouders kunnen kiezen om hun kuikens optimaal te laten groeien.

Hieruit wordt een aantal zaken duidelijk:

1. In de eerste twee levensweken zijn zandspieringen een veel minder voor de hand liggende prooi-soort dan haringachtigen, omdat de range in lengtes van zandspiering waaruit ze kunnen kiezen dan uiterst beperkt is. Op de Scheelhoek was het in 2012 zelfs niet mogelijk om kuikens tussen 6 en 17 dagen oud van voldoende energie te voorzien op een dieet van enkel zandspiering.
2. Vooral als de kuikens 10 tot 15 dagen oud zijn ontstaat een kritische periode. Enerzijds piekt de energiebehoefte van de kuikens op dat moment, maar anderzijds zijn de kuikens nog niet groot genoeg om de grotere prooivissen door te slikken. De oudervogels worden daardoor gedwongen om te kiezen uit een relatief beperkte range van prooilengtes: groot genoeg om te voldoen aan de hoge energiebehoefte van hun kuiken en niet te groot zodat ze nog kunnen worden doorgeslikt. In sommige jaren duurt het iets langer om een proovis te vangen en naar de kolonie te voeren dan in andere jaren, waardoor de keuzemogelijkheid in die kritische periode nog beperkter is. Dat was vooral het geval voor haringachtigen in 2010 en 2013 en voor zandspiering in 2013.
3. Vanaf een leeftijd van 20-tal dagen wordt de keuzemogelijkheid weer een stuk groter, omdat de energiebehoefte van de kuikens afneemt (er wordt minder energie in groei gestoken) en ze al vrij grote exemplaren kunnen verorberen. Vanaf dan behoort ook zandspiering weer tot de reële keuzemogelijkheid van grote sternenuouders.
4. In het geval van haringachtigen zijn de keuzemogelijkheden een stuk groter dan voor zandspiering. Zeker in de eerste levensdagen en op het einde van het kuikenseizoen hebben de oudervogels een ruimere keuze in prooilengtes dan wanneer ze voor zandspiering zouden kiezen. Ook voor haringachtigen geldt echter dat er voor een optimale groei van de kuikens een kritische periode is waarin de keuze voor bepaalde prooilengtes beperkt is.
5. Uit de modelberekeningen volgt dat in 2009 en 2012 ook tijdens de meest kritische periode de marge in de keuze voor haringachtigen nog altijd ongeveer 4 cm bedroeg. In

2010 en 2013 ging het de oudervogels op de Scheelhoek een stuk slechter af. Omdat de foerageerduur hoger lag dan in 2009 en 2012 was de keuzemogelijkheid al vanaf dag 3 vrij beperkt en hadden de oudervogels tot het moment dat de kuikens ongeveer 15 dagen waren slechts een keuzemarge van ongeveer 2 cm. In 2013 ging dat gepaard met een relatief hoge foerageerduur voor zandspiering en waren de grote sterns in de eerste twee levensweken gedwongen om ook voor andere prooi-soorten te kiezen.

5.5.2 Relatie tussen voedselaanbod, weersomstandigheden en conditie/broedsucces

Relatie met de onderzoekshypothesen

De analyse van de relatie tussen voedselaanbod, weersomstandigheden en conditie/broedsucces levert basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

Hypothese 2: Het aantal grote sterns/visdieven (adult en/of juveniel) in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

Hypothese 4: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatsinvloeden.

Hypothese 7: Er is geen relatie tussen de voedselsituatie lokaal of elders en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta

5.5.2.1 *Conditie adulte grote stern*

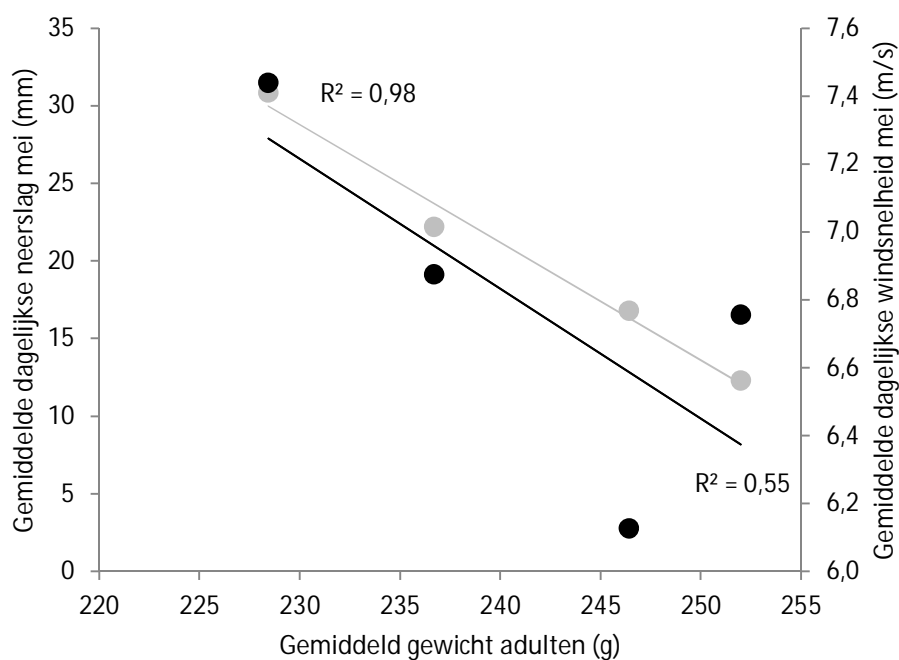
Dieetsamenstelling en voedselkwaliteit

De gewichten van adulte grote sterns gevangen op de Scheelhoek werden gerelateerd aan de samenstelling en kwaliteit van het dieet zoals afgeleid uit de faecesanalyse. Het gewicht van adulte vogels vertoonde een negatieve correlatie met het percentage energie dat uit zandspieringachtigen werd verkregen ($r = -0,498$; $p < 0,001$).

Er werd in een lineaire regressie geen relatie gevonden tussen het gemiddeld gewicht van de adulten en de kwaliteit van het dieet. Er werd tevens geen relatie gevonden tussen de gemiddelde lengte en energie-inhoud van haringachtigen (respectievelijk $p = 0,115$ en $p = 0,06$) en zandspieringen (respectievelijk $p = 0,116$ en $p = 0,667$) enerzijds en het gewicht van de adulte vogels anderzijds.

Weersomstandigheden

Het gewicht van adulte vogels vertoonde een negatieve correlatie met de gemiddelde windsnelheid ($r = -0,459$; $p < 0,001$) en neerslaghoeveelheid ($r = -0,541$; $p < 0,001$) tijdens de periode van het broeden (Figuur 5.68). Voor deze test werden alle gewichten van de adulte vogels meegenomen, in Figuur 5.68 werden enkel de gemiddelde gebruikt (vandaar de andere r-waarden).



Figuur 5.68 Invloed van de gemiddelde dagelijkse neerslag (mm, grijze bollen) en gemiddelde dagelijkse windsnelheid (m/s, zwarte bollen) in de 21 dagen voor het uitkomen van de kuikens en de gemiddelde adulte conditie (gemiddeld gewicht van alle op het nest gevangen adulten op de Scheelhoek).

5.5.2.2 Broedsucces grote stern

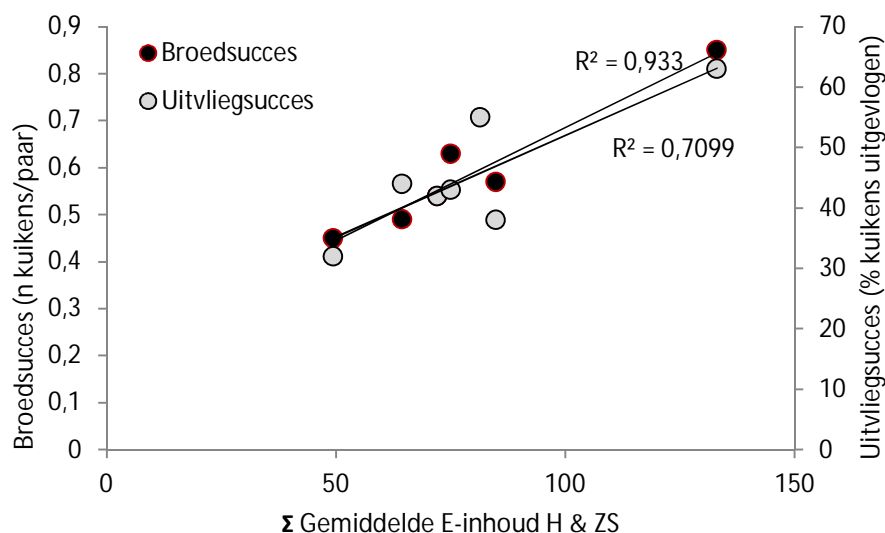
Dieetsamenstelling en voedselkwaliteit

De relatie tussen de dieetsamenstelling en de voedselkwaliteit enerzijds en het broed- en het uitvlieg-succes van de grote stern anderzijds werd onderzocht. Als indicatieve maat voor het voedselaanbod werd de gemiddelde foerageerduur voor haringachtigen en zandspieringen genomen. Hier werd een positieve correlatie tussen de foerageerduur voor haringachtigen en het broedsucces gevonden, deze was echter niet significant ($r = 0,751$; $p = 0,08$). Als maat voor de voedselkwaliteit in een jaar werd de som van de gemiddelde energie-inhoud van alle in dat jaar naar de kuikens aangebrachte haringachtigen en zandspieringen genomen. Er werd een positieve correlatie gevonden tussen deze waarden en het broedsucces ($r = 0,961$; $p < 0,001$) en het uitvliagsucces ($r = 0,842$; $p < 0,05$) (Figuur 5.69) in dat jaar.

Weersomstandigheden

Modelselectie

Om de effecten van weersomstandigheden en de voedselkwaliteit op de conditie van kuikens van de grote stern na te gaan werd een model met achterwaartse selectie gerund. Hierin werden de parameters temperatuur (in de vorm van de som van de gemiddelde temperatuur van de voorgaande drie dagen in °C), wind (in de vorm van de som van de gemiddelde windsnelheid van de voorgaande drie dagen in 0.1 m/s), neerslag (in de vorm van de totale neerslaghoeveelheid van de voorgaande drie dagen in mm) en de totale energie-aanvoer per dag (kJ) in de levensweek die overeenstemt met de leeftijd van het kuiken opgenomen.



Figuur 5.69 Relatie tussen het broedsucces en het uitvliagsucces van kuikens van de grote stern en de som van de gemiddelde energie-inhoud van alle naar de kuikens aangebrachte haringachtigen en zandspieringen op de Scheelhoek en Markenje.

Doordat telkens dezelfde individueel herkenbare kuikens werden opgemeten binnen tijdsreeksen van uitkomst tot uitvliegen zijn de 'conditiemetingen' niet onafhankelijk. Verschillende conditiemetingen van hetzelfde kuiken zijn onderling waarschijnlijk meer gecorreleerd dan met de conditiemetingen van kuikens van andere nesten. Dit is het gevolg van variatie tussen individuele kuikens (sterke-zwakke kuikens) maar ook tussen hun ouders (goede-slechte ouders). Bovendien vertoont een conditiemeting van een kuiken op 10 mei

meer overeenkomst met een conditiemeting van datzelfde kuiken op 12 mei dan met een meting van 5 juni.

Om hieraan tegemoet te komen werd de factor 'kuiken' opgenomen als random intercept, en werd ook gecorrigeerd voor de temporele autocorrelatie binnen elke conditie-tijdsreeks (corCAR1). Dit leverde telkens een significant beter model op vergeleken met haar lineair analoog (bijvoorbeeld voor de tweede output: $L=215.06$, $df=2$, $p<0,0001$). In eerste instantie werd temperatuur, wind, neerslag en de totale energie-aanvoer als verklarende parameters voor de kuikenconditie opgenomen in een 'linear mixed effects model' (maximale gerunde model).

Het maximale gerunde model is:

- $\text{Conditie} \sim \text{Temp} + \text{Wind} + \text{Neerslag} + \text{Energie}$

> `anova(Max. Model c, Max. Model . ACc, Max. Model . AC. REc)`

	Model	df	AIC	BIC	logLik	Test	L. Ratio	p-value
Max. Model c	1	6	11629.85	11661.85	-5808.926			
Max. Model . ACc	2	7	11437.07	11474.40	-5711.536	1 vs 2	194.7786	<.0001
Max. Model . AC. REc	3	8	11418.79	11461.45	-5701.395	2 vs 3	20.2831	<.0001

> `anova(Max. Model c, Max. Model . AC. REc)`

	Model	df	AIC	BIC	logLik	Test	L. Ratio	p-value
Max. Model c	1	6	11629.85	11661.85	-5808.926			
Max. Model . AC. REc	2	8	11418.79	11461.45	-5701.395	1 vs 2	215.0617	<.0001

Resultaat

Het uiteindelijk resterende model is:

- $\text{Conditie} \sim \text{Wind} + \text{Energie}$

> `summary(AC. RE2c)`

Linear mixed-effects model fit by maximum likelihood

Data: Conditie_base
 AIC BIC logLik
 11382.77 11414.79 -5685.387

Random effects:

Formula: ~1 | Kuiken
 (Intercept) Residual
 StdDev: 4.216842 9.75975

Correlation Structure: Continuous AR(1)

Formula: ~Dag | Kuiken
 Parameter estimate(s):
 Phi
 0.6111475

Fixed effects: Conditie ~ Wind + Energie

	Value	Std. Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	2.9276245	1.6337568	1291	1.791959	0.0734
Wind	-0.0360910	0.0053379	1291	-6.761295	0.0000
Energie	0.0081018	0.0031427	1291	2.577968	0.0100

Correlation:

(Intr) Wind
 Wind -0.738

Energie -0.725 0.146

Standardized Within-Group Residuals:

Min	Q1	Med	Q3	Max
-4.159369129	-0.579945798	0.005393501	0.579415941	3.802750618

Number of Observations: 1535

Number of Groups: 242

De kuikenconditie wordt positief beïnvloed door de totale energie-aanvoer per dag en negatief door de windomstandigheden in de 3 dagen voorafgaand aan de meetdag. Binnen de range van regelmatig voorkomende windomstandigheden in april en mei (97 % tussen een wind-som van 100-300 (dit is 10-30 m/s)) bedraagt het effect op de gemiddelde kuikenconditie -7,38.

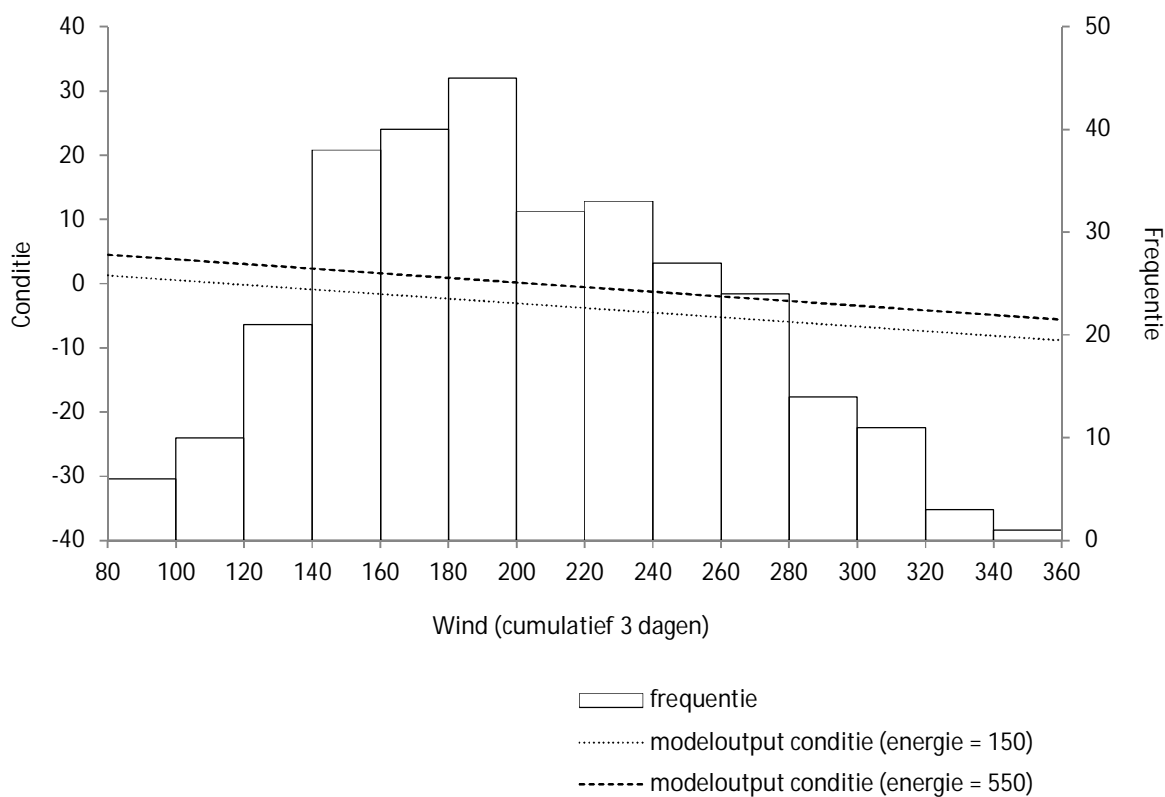
Tegelijkertijd ligt 94% van de aangevoerde energie tussen 150 - 550 kJ/dag. Binnen deze range bedraagt het positief effect op de kuikenconditie +3,24 (Figuur 5.70). Het windeffect is dus groter dan het effect van de aangevoerde energie, maar is ten opzichte van de nog resterende onverklaarde variatie (de standaarddeviatie van de residuen bedraagt 9,25) nog steeds vrij klein.

Binnen de marges van de windwaarden die in de periode 2009-2013 in de Delta werden gemeten kan worden gesteld dat deze nooit van die aard waren dat ze de conditie zodanig negatief beïnvloed hebben dat dit gevolgen had voor het uiteindelijke uitvliegssucces. Ter illustratie, bij zeer ongunstige windomstandigheden (windsom van 300) en een lage energie-aanvoer (aangevoerde energie 150 kJ/dag) zal de gemiddelde kuikenconditie -6,68 bedragen. Maar zelfs dan zal 99,7% van alle kuikens in een conditie verkeren die hoger is dan -34,4 (= -6,68 – 3*9,25) en dus voldoende fit zijn om te overleven.

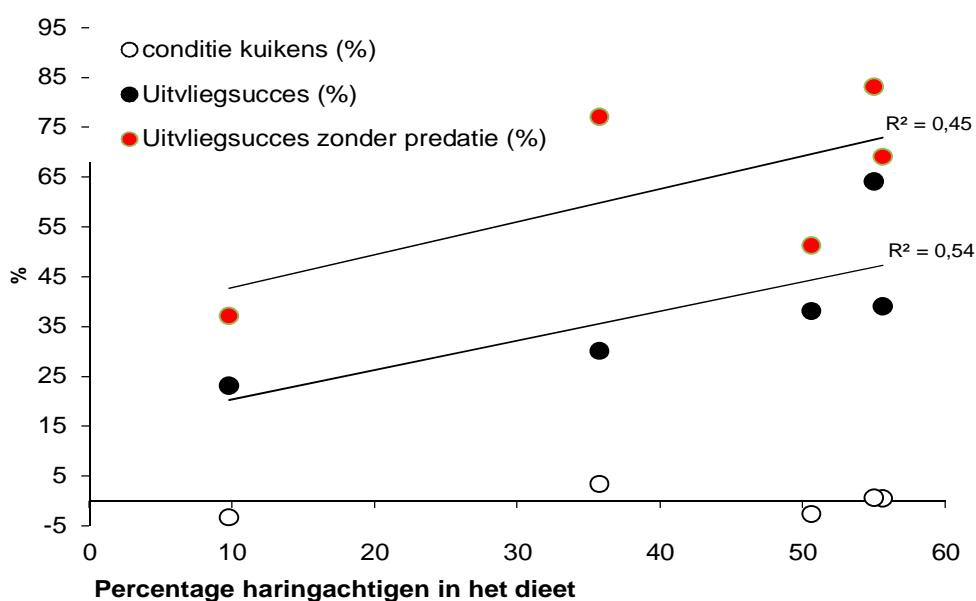
5.5.2.3 Broedsucces visdief

Voedselaanbod- en kwaliteit

Hoewel er een positieve correlatie lijkt te zijn tussen het percentage haringachtigen in het dieet van de visdiefkuikens en het uitvliegssucces is deze niet significant ($r = 0,737$; $p = 0,15$; Figuur 5.71). Ook zonder de gepredeerde kuikens is er geen significant verband ($r = 0,673$; $p = 0,21$). De kuikenoverleving was evenwel het hoogst in de periode 2011 tot 2013, toen ook het aandeel haring in het aangevoerde voedsel het hoogst was. De lage kuikenoverleving in 2010 komt dan weer overeen met een zeer laag aandeel haringachtigen in het dieet van de visdiefkuikens. Het lijkt dus waarschijnlijk dat er vooralsnog te weinig gegevens zijn ($n = 5$ jaren) om een relatie tussen de dieetsamenstelling van visdiefkuikens en het uitvliegssucces hard te maken.



Figuur 5.70 Voorspelde kuikenconditie van grote stern bij gegeven windomstandigheden en twee verschillende voedselsituaties.



Figuur 5.71 Relatie tussen het percentage haringachtigen in het dieet van de visdiefkuikens op de Scheelhoek (periode 2009-2013) en de conditie van de kuikens enerzijds en de overleving van de kuikens anderzijds.

5.5.3 Relatie tussen het dieet van grote sterns en gegevens pelagische bemonsteringen

Relatie met de onderzoekshypothesen

De analyse van de relatie tussen het dieet van grote sterns en gegevens pelagisch bemonsteringen levert basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

Hypothese 2: Het aantal grote sterns/visdieven (adult en/of juveniel) in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

Hypothese 4: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatsinvloeden.

Hypothese 7: Er is geen relatie tussen de voedselsituatie lokaal of elders en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta

Figuur 5.72 vergelijkt de lengtes van haringachtigen (haring, sprout en ongedetermineerde haringachtigen) in het dieet van adulte en kuikens van grote stern enerzijds en de lengtes in de vangsten door Bureau Waardenburg (met pelagisch net onder foeragerende groepen grote sterns) en Imares (vaste staalnamepunten met garnalenboomkor). Figuur 5.73 toont deze gegevens voor zandspiering (kleine zandspiering en smelt). De gegevens over het adulte dieet werden afgeleid uit de analyse van faeces verzameld rond nesten van broedende vogels (zie paragraaf 5.3.4). De frequentieverdelingen van het kuikendieet werden bepaald aan de hand van de protocollen gemaakt vanuit de schuilhut (Scheelhoek) of van aanvliegende vogels met prooi (Markenje).

Haringachtigen

In alle jaren bestond het **adulte dieet** uit duidelijk kleinere haringachtigen dan het kuikendieet (Figuur 5.72). Op de Scheelhoek bestond het adulte dieet in alle vier de jaren waarin een kolonie aanwezig was voor het grootste deel (>70 %) uit haringachtigen kleiner dan 1 SL (ongeveer 5,5 cm). Meestal is ook een kleinere piek rond de 1,5 SL (ongeveer 8 cm) te zien, wat overeenkomt met tweedejaars haringen. Alleen in 2013 is er geen tweede piek vastgesteld. De lengteverdeling van haringachtigen in het adulte dieet op Markenje komt in 2012 en 2013 erg goed overeen met dat van de vogels van de Scheelhoek. In 2010 was dat niet het geval en werden op Markenje veel grotere haringachtigen aangetroffen in het adulte dieet.

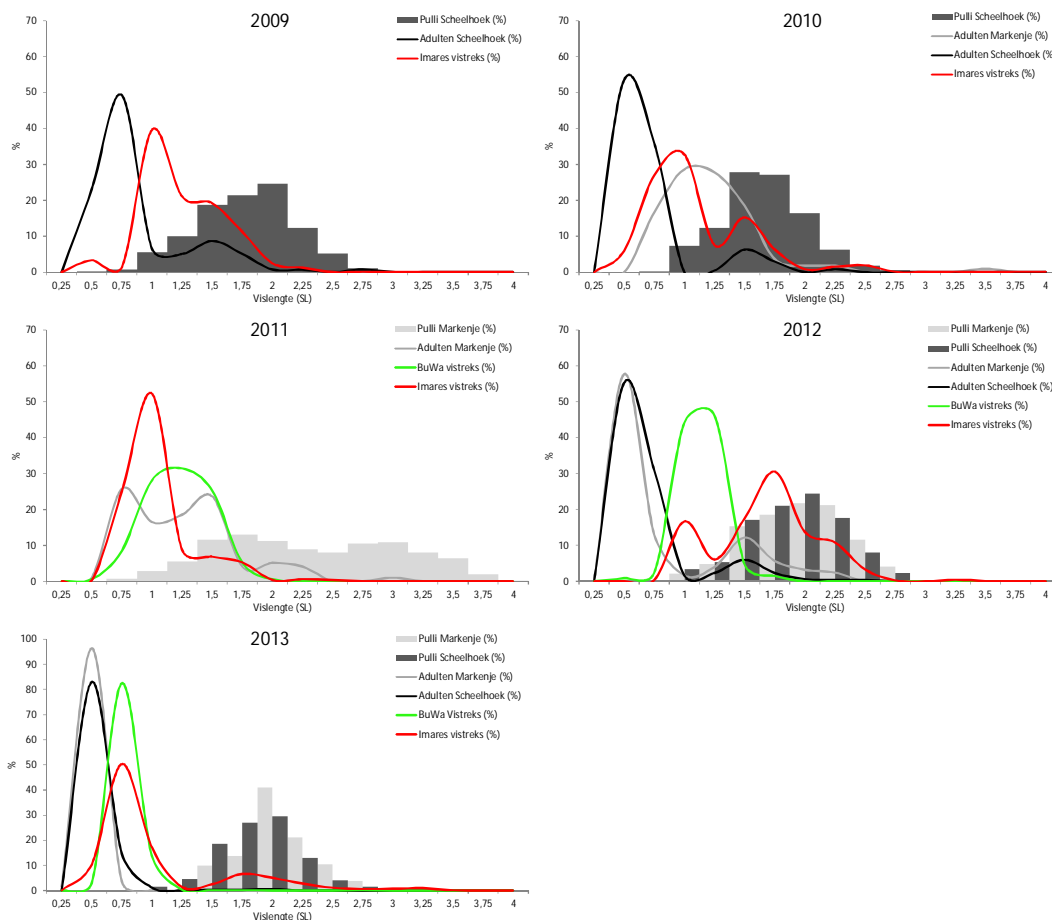
In 2009 en 2010 bestond het **kuikendieet** van grote sterns op de Scheelhoek voor het grootste gedeelte uit haringachtigen van 1,25 tot 2 SL (7-11 cm). In 2012 en 2013 werden vrij veel haringachtigen groter dan 2 SL aangevoerd. De grootste haringachtigen (tot 3,75 SL of 20 cm) werden in 2011 naar de kuikens op Markenje aangebracht. In 2012 en 2013 kwam de lengtefrequentieverdeling van haringachtigen in het kuikendieet erg goed overeen tussen beide kolonies.

Wanneer we de gegevens van de **visbemonstering van Bureau Waardenburg** (die onder foeragerende adulte grote sterns werden gedaan in de periode dat voedsel voor de kuikens werd gevangen) naast de dieetgegevens leggen, blijkt er geen verband tussen de lengtefrequentie van de met het net gevangen haringachtigen en die van de haringen in het kuikendieet. In alle drie de jaren was de bulk van de bemonsterde haringachtigen kleiner dan

1,5 SL, terwijl die in het kuikendieet hoofdzakelijk groter dan 1,5 SL waren. De lengtefrequentie van de bemonsterde haringachtigen komt wel goed overeen met die in het adulte dieet. Mogelijke verklaringen (evt. in combinatie) hiervoor zijn:

1. De grotere haringachtigen die hoofdzakelijk aan de kuikens worden gevoerd zitten verder van de kust af waar de pelagische visbemonsteringen werden uitgevoerd en de groepen sterns waaronder werd gevist waren vooral voor zichzelf aan het foerageren. Tijdens het vissen werd in elk geval waargenomen dat een groot deel van de gevangen vissen door de adulte vogels zelf werd geconsumeerd (waarnemingen tijdens de pelagische visbemonsteringen). Wanneer we rekening houden met de groei van de vissen in de periode tussen het verzamelen van de monsters voor het bepalen van het adulte dieet (mei) en de vistrekken (na half juni), gaat het dus wel degelijk over dezelfde jaarklasse.
2. Grotere haringachtigen maken slechts een heel beperkt deel uit van een school haringachtigen en worden dan ook veel minder gevangen, zowel tijdens de vistrekken als door de adulte vogels. Dat zou ook verklaren waarom de meeste gevangen vissen door de adulte vogels worden opgegeten. Dit werd ook vastgesteld bij foeragerende visdieven voor de Haringvlietsluizen in 2011: alle kleine visjes en garnalen werden door de adulten opgegeten, zodra een haringachtige werd gevangen werd die naar de kolonie gebracht.
3. Grotere haringachtigen zijn wel aanwezig maar worden niet gevangen met de toegepaste vangstmethodiek voor de visbemonstering. In dat geval zouden de nu verkregen bemonsteringsdata niet representatief zijn voor het werkelijke prooiaanbod.

De visbemonstering door Imares laat een hoger percentage grotere haringachtigen zien in vergelijking met de BuWa-gegevens. Vooral in 2012 is dit opvallend. Niettemin vertonen ook deze lengtefrequentieverdelingen vooral een grote overeenkomst met deze in het adulte dieet en in veel mindere mate met het kuikendieet dat in de meeste jaren haringachtigen uit grotere lengteklassen bevat dan er tijdens de visbemonsteringen worden gevangen. De lengtefrequentie van de haringachtigen werd omwille van de hoge aantallen Haring vooral door deze soort bepaald in 2009, 2011 en 2013. In 2010 en 2012 echter bepaalden zowel Sprot als Haring de lengtefrequentiecurve gezien de meer vergelijkbare dichtheden.



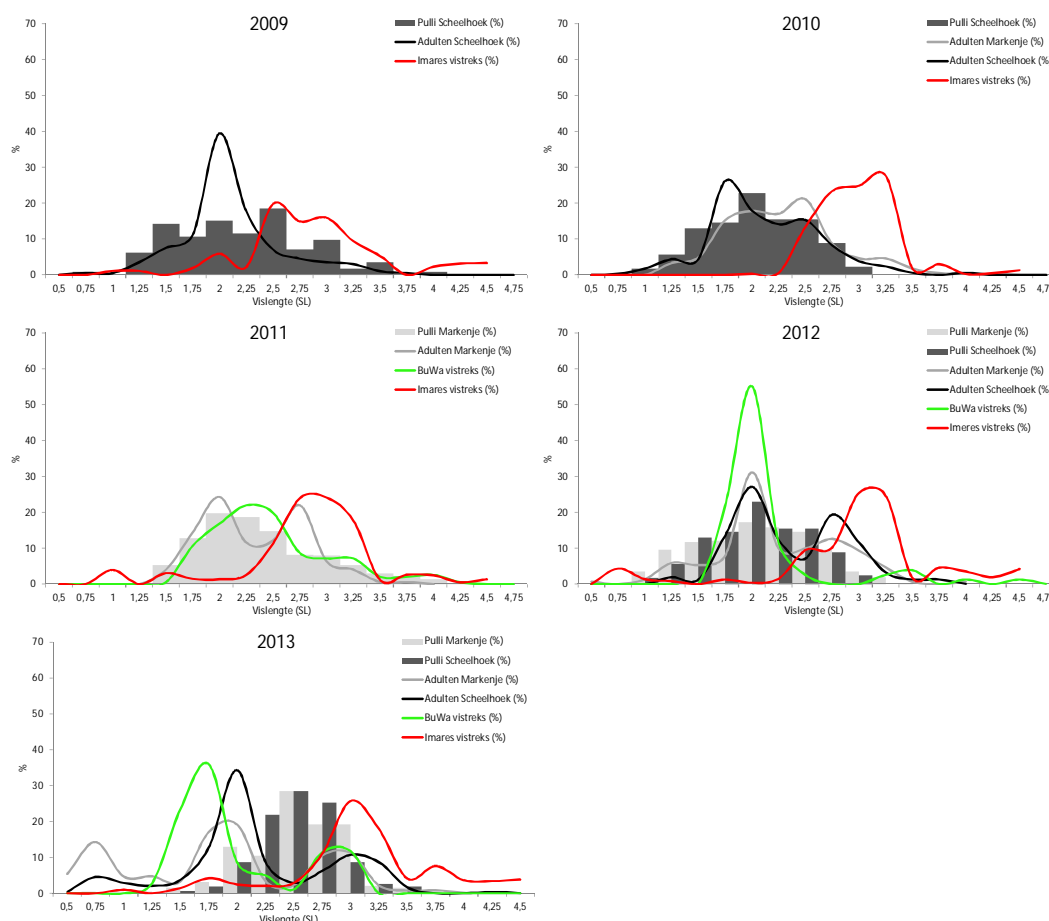
Figuur 5.72 Vergelijking van de lengtefrequentie van haringachtigen in het dieet van adulte grote sterns (op basis van otolieten gevonden in faeces), in het kuikendieet (op basis van voedselprotocollen vanuit de schuilhut (Scheelhoek) en van aanvliegende vogels (Markenje)) in de vijf onderzoeksjaren enerzijds en de vangsten met pelagisch net, uitgevoerd door Bureau Waardenburg (in 2011, 2012 en 2013) en met garnalenboomkor door Imares (in de vijf onderzoeksjaren) anderzijds.. De categorie 1 snavellengte (SL) komt ruwweg overeen met 5 cm, 1,75 SL met 10 cm, 2,75 SL met 15 cm en 3,75 SL met 20 cm. Het aantal otolieten en prooivissen per jaar wordt weergegeven in Bijlage 14.

Zandspieringen

Behalve in 2013 was er bij zandspiering nauwelijks verschil in lengtefrequentie tussen het **adulte en het kuikendieet**, zoals bij haringachtigen werd vastgesteld (Figuur 5.73). In 2013 was de lengtefrequentie van het adulte dieet vergelijkbaar met het adulte dieet in de andere jaren, maar kregen de kuikens gemiddeld grotere prooien te aangeboden dan in de andere jaren. In alle jaren en in beide kolonies vertonen de frequenties van de zandspieringen in het adulte en het kuikendieet erg vergelijkbare patronen. Opvallend is verder dat de lengteverdeling van de zandspieringen die in het adulte dieet werden aangetroffen in 2010, 2012 en 2013, waarin zowel op de Scheelhoek als op Markenje een kolonie aanwezig was, heel erg overeenkomstig zijn.

De gegevens van de **visbemonstering van BuWa** in 2011 en 2012 komen vrij goed overeen met de lengtefrequenties van het kuikendieet. In 2013 was dat niet het geval en waren de bemonsterde zandspieringen een stuk kleiner dan de zandspieringen in het kuikendieet en

ook wat kleiner dan die uit het adulte dieet. Zandspieringen in de **Imares-bemonsteringen** zijn in elk jaar veel groter dan deze in de BuWa-staalnames en komen overeen met de grootste lengteklassen van het kuikendieet. Hoewel de lengtefrequentieverdeling enigszins richting de grotere lengteklassen wordt getrokken door de aanwezigheid van Smelt (Figuur 2 in Bijlage 11), zijn het toch de zandspieringen die de bulk van de grote Ammodytidae uitmaken.



Figuur 5.73 Vergelijking van de lengtefrequentie van zandspiering in het dieet van adulte grote sterns (op basis van otolieten gevonden in faeces), in het kuikendieet (op basis van voedselprotocollen vanuit de schuilhut (Scheelhoek) en van aanvliegende vogels (Markenje)) in de vijf onderzoeksjaren enerzijds en de vangsten met pelagisch net, uitgevoerd door Bureau Waardenburg (in 2011, 2012 en 2013) en met garnalenboomkor door Imares (in de vijf onderzoeksjaren) anderzijds. De categorie 1 snavellengte (SL) komt ruwweg overeen met 5 cm, 1,75 SL met 10 cm, 2,75 SL met 15 cm en 3,75 SL met 20 cm. Het aantal otolieten en prooivissen per jaar wordt weergegeven in Bijlage 14.

5.5.4 Effect van de zeewatertemperatuur op de voedselkwaliteit voor grote sterns

Relatie met de onderzoekshypothesen

De analyse naar het effect van de zeewatertemperatuur op de voedselkwaliteit voor grote sterns levert basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

Hypothese 2: Het aantal grote sterns/visdieven (adult en/of juveniel) in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

Hypothese 4: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatsinvloeden.

Hypothese 7: Er is geen relatie tussen de voedselsituatie lokaal of elders en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta

Zeewatertemperaturen kunnen potentieel op verschillende manieren een invloed hebben op de voedselkwaliteit van sterns:

1) Verspreiding en abundantie

Zeewatertemperaturen kunnen een effect hebben op zowel de verticale als de horizontale verspreiding van zowel haringachtigen (o.a. Eriksen *et al.* 2012; Corten, 2000 & 2001) als zandspiering (van der Kooij, 2008).

2) Vislengte

Zeewatertemperaturen kunnen afhankelijk van de vissoort zowel een positief als een negatief effect hebben op de vislengte. Haringachtigen ondervinden een positieve invloed van zeewatertemperaturen (Ottersen & Loeng, 2000; Husebo *et al.*, 2007; Eriksen *et al.*, 2012). Ook op de lengte van zandspieringen hebben zeewatertemperaturen een effect, waarbij de voorbije decennia steeds kleiner wordende zandspieringen werden aangebracht naar zeevogelkolonies in het noordwestelijke deel van de Noordzee (Wanless *et al.*, 2004), het precieze mechanisme hier achter is evenwel onduidelijk.

3) Energie-inhoud

De energie-inhoud van prooivissen voor sterns vertonen sterke seizoenale verschillen waarbij bijvoorbeeld de energie-inhoud van zandspiering dubbel zo groot is in juni dan in april (Hislop *et al.*, 1991). Ook haringachtigen vertonen dergelijke verschillen. Dit heeft vooral te maken met de reproductieve cyclus waarbij de vissen minder energierijk zijn in de paaiperiode (Pedersen & Hislop, 2001). Naast deze natuurlijke cycli werden de voorbije jaren ook anomalieën vastgesteld. Zo werd het uiterst slechte broedsucces van Zeekoeten *Uria aalge* en andere zeevogels in de Noordzee in o.a. 2004 veroorzaakt door de erg lage energetische waarden van zowel zandspieringen als spruit (Wanless *et al.*, 2005). De reden hiervoor is onduidelijk maar heeft waarschijnlijk te maken met een verandering in abundantie of verspreiding van het plankton. De voorbije twee decennia werden dan ook sterke veranderingen in soortensamenstelling en fenologie van zowel fyto- als zoöplankton vastgesteld in de Noordzee (Beaugrand *et al.*, 2002; Beaugrand, 2004), wat een effect kan hebben op de reproductie van vissen (Beaugrand, 2003).

4) Reproductie

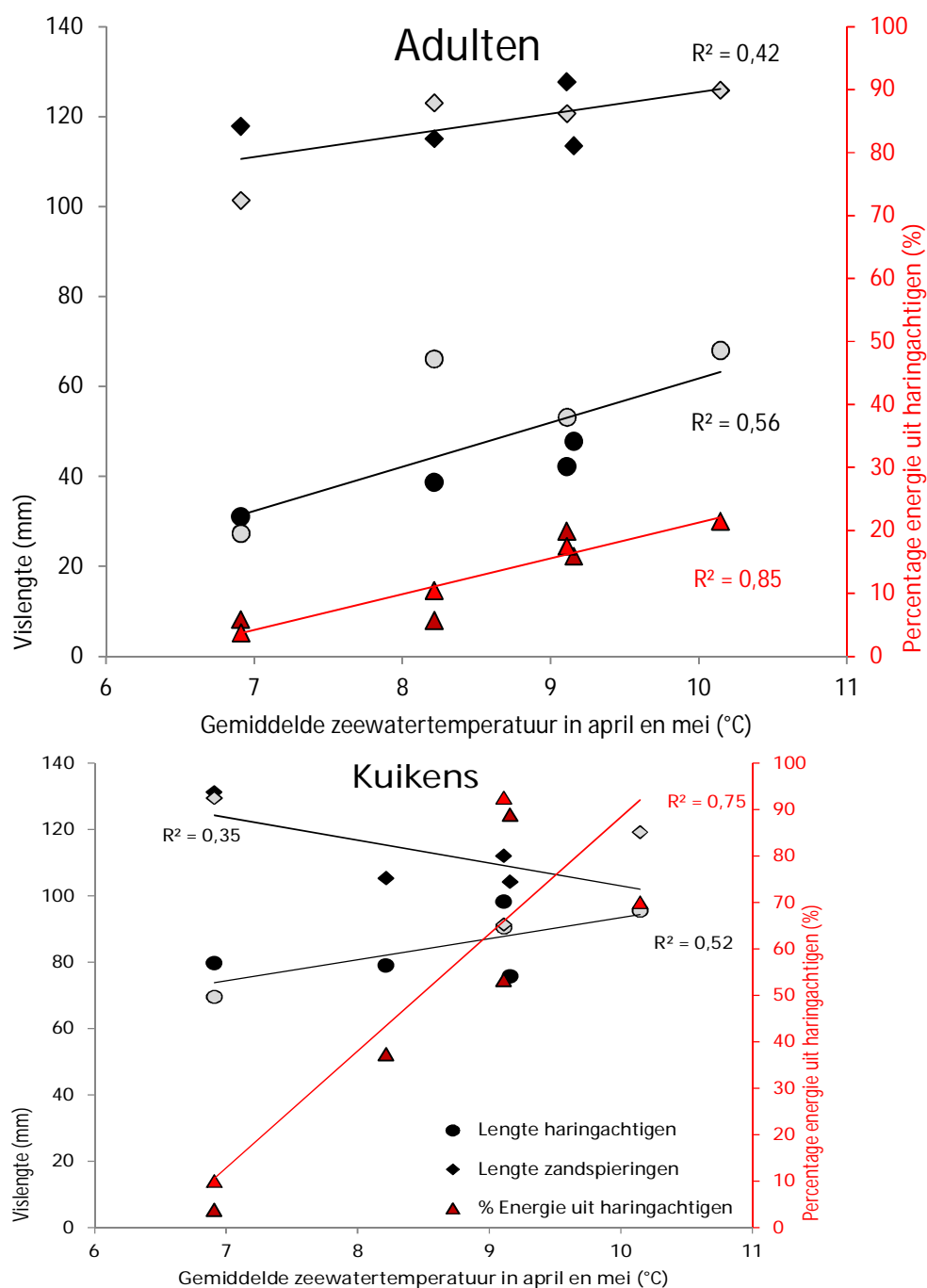
Zeewatertemperaturen kunnen ook een invloed hebben op de reproductie van vissoorten (Henderson, 1998; Fox *et al.*, 2000). Zo heeft de zeewatertemperatuur een negatieve invloed op de reproductie van zandspieringen, bovendien is deze invloed het meest uitgesproken in het zuidwestelijke deel van de Noordzee (Arnott & Ruxton, 2002). De invloed van de watertemperatuur werkt waarschijnlijk via een verandering in planktonsamenstelling (mismatch in timing tussen voedselbeschikbaarheid en het larvale stadium) in op de reproductie van de zandspieringen (van Deurs, *et al.*, 2009). Op haringachtigen hebben warmere zeewatertemperaturen dan weer een positieve invloed (Loeng & Gjøsæter, 1990; Ottersen & Loeng, 2000).

Adult dieet

Er werd een positieve correlatie gevonden tussen de gemiddelde lengte van haringachtigen in het adulte dieet en de zeewatertemperatuur in april en mei ($r = 0,741$; $p < 0,05$; Figuur 5.74). Dit heeft echter niet tot gevolg dat bij hogere zeewatertemperaturen (en dus grotere haringachtigen) procentueel meer haringachtigen in het dieet werden aangetroffen ($p = 0,5$). Wel neemt het percentage energie dat uit haringachtigen wordt gehaald significant toe met stijgende zeewatertemperaturen ($r = 0,924$; $p < 0,05$). Adulte vogels haalden in de onderzoeksjaren ongeacht de zeewatertemperatuur (of andere weersom-standigheden) maximaal 20% van hun energie-budget uit haringachtigen (zie paragraaf 5.3.4). Hoe kouder het zeewater in april en mei, des te groter is het energetische belang van zandspiering. De zeewatertemperatuur in april en mei heeft ogenschijnlijk geen significante invloed op de lengte van zandspieringen in het dieet van adulte grote sterns ($p = 0,09$; Figuur 5.74) waardoor zandspiering voor adulte grote sterns die in het Deltagebied broeden waarschijnlijk een betrouwbaardere prooi is dan haringachtigen. Wanneer de gemiddelde energie-inhoud van beide prooi-soorten over de jaren wordt vergeleken is dit nog duidelijker. Voor haringachtigen lag dit tussen 1 kJ (2013) en 15,7 kJ (2011) en voor zandspiering tussen 24,2 kJ (2009) en 32,2 kJ (2012).

Kuikendieet

In de eerste twee levensweken van de kuikens van grote stern werd een positieve correlatie gevonden tussen de gemiddelde zeewatertemperatuur in april en mei, het percentage haringachtigen in het dieet ($r = 0,894$; $p < 0,05$; Figuur 5.74) en het percentage energie dat uit haringachtigen werd gehaald ($r = 0,873$; $p < 0,05$; Figuur 5.74). Hierbij werd significant minder energie uit haringachtigen gehaald als de zeewatertemperatuur laag was. De zeewatertemperatuur in april en mei had geen significant effect op de lengte van de naar de kuikens aangebrachte haringachtigen en zandspieringen (haringachtigen $p = 0,07$; zandspieringen $p = 0,18$). In jaren waarin de zeewatertemperatuur in april en mei laag was, waren grote sterns in het Deltagebied voor het voeden van hun jonge kuikens (< 2 weken oud) blijkbaar afhankelijk van de aanwezigheid van alternatieve prooien, waarvan zandspiering energetisch gezien veruit de belangrijkste is.



Figuur 5.74 Relatie tussen de gemiddelde zeewatertemperatuur in april en mei (gemiddelde van de beide maandgemiddelden, gemeten op het Europlatform) en de gemiddelde lengte van haringachtigen en zandspieringen in het adulte dieet en het kuikendieet voor de verschillende jaren en kolonies (Scheelhoek: zwarte symbolen, Markenje: grijze symbolen). Ook het percentage energie dat uit haringachtigen werd gehaald is weergegeven (Scheelhoek: donkerrode symbolen, Markenje: lichtrode symbolen). Hierbij werden twee kolonies in hetzelfde jaar als onafhankelijke waarnemingen beschouwd.

5.5.5 Deelconclusies onderzoek naar broedbiologie, dieet en foerageergedrag

Broedsucces en kuikenconditie

1. Zowel grote stern als visdief kenden tijdens de onderzoekjaren verschillen in uitkomst-, uitvlieg- en broedsucces én in kuikencondities. Binnen jaren verschilden deze ook tussen kolonies.
2. Predatie van eieren en kuikens had in geen enkel jaar een doorslaggevende invloed (steeds < 10% behalve op Markenje in 2013) op het broedsucces van grote stern. Bij visdief had predatie van eieren vooral een sterk effect op de Scheelhoek in 2009 en op de Vogelvallei in 2012. Predatie van kuikens had een grote invloed in de visdiefkolonies op de Vogelvallei en op de Scheelhoek in 2010 en op Markenje, de Vogelvallei en het Visdiefeiland in 2011 en op het Visdiefeiland in 2012.
3. Weersomstandigheden hadden enkel op Markenje in 2013 een invloed op het uitkomstsucces van de eieren toen de eieren na hevige regenval een coating van vuil hadden gekregen waardoor de kuikens moeite hadden om uit te pikken.
4. De weersomstandigheden (neerslag en wind) waren tijdens de kuikenperiode in geen enkel jaar van die aard dat ze een belangrijke invloed hadden op het broedsucces van grote stern (Figuur 5.70). Ook tijdens de slechtste weersomstandigheden daalde de gemiddelde kuiken-conditie niet in die mate dat het weerseffect van grote invloed was op de kuikensterfte. Weersomstandigheden hadden wel een invloed op de adulte conditie namelijk dat het gewicht van de oudervogels afnam bij toenemende wind en neerslag (Figuur 5.68). Het is voornamelijk onduidelijk wat hiervan precies het effect op het broedsucces is en in welke mate dit eventueel met voedselomstandigheden is gerelateerd.
5. Hoge waterpeilen hadden een effect op visdieven op de Scheelhoek eilanden in 2009 en 2012 toen de nesten die in de lageregelegen rand van de eilanden lagen wegspoelden.
6. Sterk opschietende vegetatie had in 2009 op de Scheelhoek en in 2012 op de Vogelvallei een sterke invloed op het broedsucces van visdief. In 2011 werd de kolonie grote sterns op de Scheelhoek verlaten als gevolg van de sterke vegetatiesuccessie.

Dieet en foerageergedrag/voedselsituatie - Basisdata

1. Hoewel er een duidelijk verschil is tussen kolonies en tussen jaren in de dieetsamenstelling van adulte grote sterns bestaat die nagenoeg uitsluitend uit drie soortengroepen: haringachtigen (Haring en Sprot), zandspieringen (ongedetermineerd) en Nereis-wormen (Figuur 5.39). De vogels van de Scheelhoek eten procentueel gezien meer Nereis-wormen en deze van Markenje meer zandspiering. Behalve de dieetsamenstelling verschilt ook de lengtefrequentie en energie-inhoud van haringachtigen en zandspieringen. Hierbij zijn de verschillen bij de haringachtigen relatief gezien groter dan bij de zandspieringen (Figuur 5.41).
2. Ondanks het feit dat het percentage haringachtigen in het dieet van adulte grote sterns dikwijls groter is dan het aandeel zandspieringen, werd in alle jaren 70 tot 85 % van de energie uit deze laatste verkregen (Figuur 5.39). Tijdens de eifase in mei hebben de geconsumeerde zandspieringen een veel constantere lengte (Figuur 5.40) en energie-inhoud dan haringachtigen waardoor ze voor adulte vogels een veel betrouwbaardere prooi soort lijken dan de laatste. Nereis-wormen vormen in sommige jaren (zoals in 2010) een niet onbelangrijke aanvulling op het dieet van adulte grote sterns (Figuur 5.39).
3. Meer nog dan bij het adulte dieet bestaat het kuikendieet van grote sterns nagenoeg volledig uit haringachtigen en zandspieringen (Figuur 5.41, 5.42). Het globale patroon

is in de meeste jaren en kolonies hetzelfde met ongeveer 30 tot 40 % zandspiering en de rest haringachtigen. Uitgedrukt in energie bestond 55 tot 90 % uit haringachtigen. Net als in het adulte dieet zijn er verschillen in de gemiddelde lengtes van de aangebrachte haringachtigen en zandspieringen tussen jaren en kolonies (Figuur 5.42). De lengtes van de aangebrachte haringachtigen voor de kuikens van grote stern zijn beduidend groter dan deze die in het adulte dieet worden teruggevonden (Figuur 5.72), bij zandspiering is dat veel minder het geval (Figuur 5.73).

4. De totale procentuele dieetsamenstelling van het kuikendieet van grote sterns zegt niet alles. Vooral in de eerste twee levensweken blijkt zandspiering in vijf van de zeven onderzochte kolonies ongeveer 50 % van het dieet en de aangevoerde energie uit te maken (Figuur 5.43). Daarna nam dat percentage af tot minder dan 10% in de week voor uitvliegen. Alleen in 2013 was zandspiering nagenoeg het volledige kuikenseizoen erg belangrijk als energiebron.
5. Kuikens van grote stern krijgen naarmate ze ouder worden grotere haringachtigen en zandspieringen aangeboden door de oudervogels (Figuur 5.45). Het kost meer tijd om deze grotere vissen aan te brengen (Figuur 5.47). De adulten dienen hierbij telkens een afweging te maken tussen de tijd die het kost om een prooi een te brengen en de grootte (en dus energie-inhoud) van de prooi, dit is bovendien afhankelijk van de kuikenleeftijd (Figuur 5.38). Vooral als de kuikens 10 tot 15 dagen oud zijn ontstaat er vaak een kritische periode gezien dan enerzijds de energiebehoefte piekt en anderzijds de kuikens nog niet groot genoeg zijn om de grotere prooivissen door te slikken.
6. Visdieven zijn in vergelijking met grote sterns eerder generalistisch in hun voedselkeuze, waarbij het kuikendieet op de Scheelhoek vaak uit een hoog percentage zoetwatervis bestaat (Figuur 5.48). Zandspieringen maakten in geen enkel onderzoeksjaar een substantieel onderdeel uit van het dieet in de onderzochte Deltakolonies. Het lijkt erop dat visdieven op de Scheelhoek als ze minder haringachtigen kunnen aanbrengen de prooi-aanvoerfrequentie van energie-armere prooien verhogen (Figuur 5.49).

Dieet en foerageergedrag/voedselsituatie - Relaties

1. Er bestaat een positieve correlatie tussen de foerageerduur voor haringachtigen en het broedsucces van grote stern (paragraaf 5.3.6). Ook bestaat er een positief verband tussen de totale gemiddelde energie-inhoud van haringachtigen en zandspieringen en het uitvlieg- en broedsucces van grote stern (figuur 5.69).
2. Er werd geen significante correlatie gevonden tussen de kwaliteit van het dieet van visdiefkuikens en de broedbiologische variabelen, maar dat is mogelijk te wijten aan de geringe steekproef (N = 5 jaren; (figuur 5.71).
3. Er werd een positief verband gevonden tussen de zeewatertemperatuur in april en mei en de gemiddelde lengte van haringachtigen in het dieet van adulte grote sterns. Ook is het percentage energie dat uit haringachtigen wordt gehaald hoger bij hogere zeewatertemperaturen (figuur 5.74). De zeewatertemperatuur in april en mei had geen significante invloed op de lengte van zandspieringen in het dieet van adulte grote sterns waardoor zandspiering voor adulte grote sterns die in het Deltagebied broeden waarschijnlijk een betrouwbaardere prooi is dan haringachtigen.
4. Zeewatertemperaturen in april en mei hebben op zijn minst een indirect effect op het percentage haringachtigen in het dieet van kuikens van grote sterns (figuur 5.74). Het lijkt erop dat haringachtigen bij koudere watertemperaturen later beschikbaar komen als prooi voor kuikens van grote stern dan bij warmere temperaturen waardoor adulten in die jaren meer afhankelijk zijn van andere prooien voor het voeden van de kuikens (figuur 5.43), hoewel het correlatieve verband tussen zeewatertemperatuur en de dieetsamenstelling van grote sternkuikens uiteraard niet noodzakelijkerwijs een causaal karakter hoeft te hebben.

5.6 BEANTWOORDING ONDERZOEKHYPOTHESEN EN MEP-VRAGEN

Op basis van de resultaten in paragraaf 5.3 en de deelconclusies op basis van de nadere analyses en vastgestelde verbanden in paragrafen 5.4 en 5.5 worden hieronder de antwoorden gegeven op de acht onderzoekshypothesen. Daarna worden de specifieke MEP-vragen ten aanzien van sterns beantwoord.

Hypothese 1: Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

De hypothese gaat uit van de aanname dat door de aanleg van de Tweede Maasvlakte en daarmee het optreden van een afname van het oppervlakte foerageergebied binnen de begrenzingen van het Natura 2000-gebied Voordelta, ook het aantal vogeldagen is afgenomen. Met het instellen van de beheermaatregelen zou deze afname in het gebiedsgebruik door de sterns worden gecompenseerd.

Voor grote sterns ligt het aantal vogeldagen in de laatste twee jaar in de Voordelta hoger dan het niveau van voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte. Ook foerageren er meer grote sterns voor de kust van de Tweede Maasvlakte, die deels uit een zachte zeewering bestaat, dan langs de oude kust van de oorspronkelijke Maasvlakte, die uit basaltblokken bestond.

Zowel de trend in het aantal vogeldagen als de verandering in verspreiding kan deels verklaard worden doordat het aantal broedparen voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte

in het noordelijk Deltagebied gemiddeld lager lag dan in de laatste jaren (respectievelijk 3000-4000 in de T0 en rond de 5000 in de laatste twee jaren (2011 en 2012) van de T1. In 2009 en 2010 was de kolonie in het Haringvliet beperkter van omvang dan in de jaren daarvoor, waarbij in 2010 de eerste substantiële vestiging op Markenje in de Grevelingen ontstond. In 2011 was de hoofdkolonie in het Haringvliet plotseling verlaten door verregaande vegetatiesuccessie, echter toen zaten alle broedparen op Markenje. Hoewel deze kolonie een stuk zuidelijker ligt dan het Haringvliet, foerageerden veel vogels van deze kolonie voor de kust van de Tweede Maasvlakte, een fenomeen dat erop zou kunnen duiden dat de kust van de Tweede Maasvlakte een gunstig foerageergebied is geworden voor grote sterns (en ook visdieven en andere vogels) ten opzichte van de oude kust.

Voor visdieven ligt het aantal vogeldagen in de laatste twee jaar in de Voordelta lager dan het niveau van voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte. In de jaren 2005 en 2006 wordt het grote aantal vogeldagen veroorzaakt doordat in die jaren zowel het aantal broedparen als de afvoer via de Haringvlietsluizen gemiddeld hoger lag dan tijdens de T1. Tijdens het spuien van de Haringvliet rond laagwater foerageren zowel een groot deel van de visdieven die broeden in het Haringvliet, als een deel van de vogels die broeden op de Maasvlakte rond de uitstroomopeningen.

Hypothese 2: Het aantal sterns/visdieven (adult en/of juveniel) in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

Er zijn verschillende aanwijzingen dat het gebruik van de Voordelta door grote sterns en visdieven als foerageergebied afhankelijk is van het voedselaanbod in de Voordelta. Het duidelijkst is het verband tussen het spuiregime van de Haringvlietsluizen en het aantal vogeldagen van visdieven, maar ook voor grote sterns geldt dat tijdens verschillende tellingen verspreidingspatronen werden vastgesteld die alleen te verklaren zijn door verschillen in voedselaanbod. Met name het ontbreken van grote aantallen foeragerende grote sterns binnen de Voordelta bij kalme weersomstandigheden is een aanwijzing dat het aanbod binnen de Voordelta slechter is dan elders. In deze situaties wordt ook waargenomen dat adulte grote sterns tot ver buiten de Voordelta vliegen en ook van ver weg terugkomen met vissen in de snavel.

Hypothese 3: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

Het is op basis van de verzamelde gegevens niet mogelijk een relatie te leggen tussen het broedsucces van de sterns en het kwantitatieve voedselaanbod aangezien er van dit laatste geen gegevens werden verzameld tijdens het broedseizoen. Wel zijn er aanwijzingen gevonden dat de gemiddelde energie-inhoud van de prooivissen aangedragen aan de jonge sterns een positief verband heeft met het uiteindelijke uitvlieg- en broedsucces. Een beperkt pelagisch visprogramma heeft tevens aanwijzingen opgeleverd dat er waarschijnlijk een relatie bestaat tussen de frequentieverdeling van prooivissen binnen de Voordelta en het voorkomen daarvan in het dieet van adulte grote sterns. Mogelijk dat via de conditie van de adulte grote sterns er een relatie bestaat tussen zowel het aantal broedparen dat tot broeden komt en het broedsucces.

Het voedselaanbod voor sterns kan worden opgesplitst in kwantiteit (hoeveelheid beschikbare prooien) en kwaliteit (de lengte/energetische waarde van de prooien en de

beschikbaarheid ervan op een bepaald moment). Beide zijn belangrijk voor het welslagen van het broedseizoen.

Zowel adulte grote sterns als hun kuikens zijn in de Voordelta afhankelijk van het voorkomen van haringachtigen (haring en sprat) en zandspieringen. Grote sterns vullen hun dieet verder aan met Nereis-wormen. Energetisch gezien zijn zandspieringen voor adulte grote sterns van groot belang. Hoewel ze in lengte (en dus energetische waarde) verschillen tussen jaren, zijn deze verschillen minder groot dan bij haringachtigen. De adulte conditie van grote sterns vertoont een positieve relatie met het percentage haringachtigen in het dieet.

Haringachtigen maken zowel in procentuele soortensamenstelling als in energetische waarde de bulk uit van het voedsel van grote sternskuikens. Zandspiering is vooral tijdens de eerste twee levensweken van de kuikens in een aantal jaren erg belangrijk gebleken. De gemiddelde energie-inhoud van haringachtigen en zandspieringen in het kuikendieet vertoont een positief verband met het uiteindelijke uitvlieg- en broedsucces.

Visdieven zijn minder specialistisch in hun voedselkeuze dan grote sterns. Hoewel het kuikendieet van de visdief in de meeste jaren hoofdzakelijk haringachtigen en andere zoutwatervissen bestond, werd dit vaak aangevuld met zoetwatervis. Het percentage haringachtigen in het kuikendieet had ook bij visdief een positief effect op het uitvliedsucces.

Vergelijking tussen het dieet van adulte grote sterns en de kwalitatieve gegevens verzameld tijdens speciale pelagische visbemonsteringen in de bovenste waterlaag onder foeragerende sterns toont een grote overeenkomst tussen de lengteverdeling van haringachtigen in het adulte dieet en in de pelagische visbemonsteringen. Het gaat hierbij vooral om zeer kleine prooivissen. Een link tussen de lengteverdeling van haringachtigen in het dieet van grote sternskuikens en de vistrekgegevens is echter afwezig. Een dergelijke overeenkomst is wel aanwezig bij zandspieringen.

Hypothese 4: Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatsinvloeden.

Aan de hand van het voorkomen van de kolonie grote sterns op de Scheelhoekeilanden in het Haringvliet is duidelijk geworden hoe sterk het beheer van de weinige kolonieplekken geschikt voor grote sterns bepalend kan zijn voor vestiging en succes van een kolonie. In 2011 was de Scheelhoek, één van de belangrijkste kolonies in het Haringvliet, verlaten. Dit kwam door verregaande vegetatiesuccessie van metershoge kruiden. Het betreft hier een eilandengroep achter een vooroever in een zoetwatersysteem, een onnatuurlijk habitat voor grote sterns. In 2009 en 2010 was de kolonie al beperkter van omvang dan in de jaren daarvoor, waarbij in 2010 de eerste substantiële vestiging op Markenje in de Grevelingen ontstond. In 2011 zaten alle broedparen (4400) van de noordelijke Delta op Markenje. In het vroege voorjaar van 2012 zijn de Scheelhoekeilanden in drie gradaties behandeld met zout, in combinatie met diepploegen van de oude vegetatie. In het voorjaar van 2012 vestigden zich, met het weer geschikt gemaakt zijn van de eilanden, weer ruim 3000 broedparen op de Scheelhoek. Naast vegetatiesuccessie vindt er ook beheer van predatoren plaats, niet alleen op de Scheelhoekeilanden maar ook op Markenje. Als dit niet zou plaatsvinden, zou de invloed van predatie op visdieven, maar ook op grote sterns groter zijn dan in de huidige situatie. Een derde beheersaspect die een belangrijke rol speelt bij de huidige locaties is de

waterbeheersing. Zowel in 2009 als in 2012 is door de aanwezigheid van de onderzoekers voorkomen dat de kolonies in het Haringvliet weggespoeld werden door hoog water.

Veel neerslag en gemiddeld hoge windsnelheden leiden zowel bij adulte vogels als bij kuikens van grote stern tot een afname van hun conditie. Bij de kuikens is deze gewichtsafname in de onderzoeksjaren nooit van dien aard geweest dat dit een invloed had op het uitvlieg- en broedsucces.

Predatie van eieren en kuikens heeft bij grote stern in geen enkel jaar een grote invloed gehad op het broedsucces. Als er predatie van kuikens plaatsvond werden vooral kuikens in slechte conditie gepredeerd. Bij visdief had predatie van eieren en kuikens in een aantal jaren en kolonies wel een grote invloed op het broedsucces. Het broedsucces werd door predatie van de kuikens in alle onderzoeksjaren op de Vogelvallei tot nul herleid, onafhankelijk van de kuikenconditie. Op het Visdiefeiland (Maasvlakte) en Markenje was dit het geval in 2011. In de andere onderzochte visdiefkolonies werden hoofdzakelijk kuikens in slechte conditie gepredeerd.

Er zijn aanwijzingen dat de temperatuur van het zeewater op zijn minst een indirecte invloed heeft op de kwaliteit van het voedsel van adulte grote sterns en hun kuikens. In jaren met koudere watertemperaturen in april en mei waren zowel haringen als zandspieringen in het adulte dieet kleiner dan in warmere jaren. Bovendien was zowel het percentage haringachtigen in het kuikendieet als hun lengte kleiner in jaren met koude zeewatertemperaturen.

Hypothese 5: Menselijke activiteiten leiden niet tot verstoring van grote sterns/visdieven die de platen gebruiken om te rusten (april - september).

In deze hypothese wordt onder verstoring verstaan dat een gebied ongeschikt wordt voor een vogel om te rusten. Gedetailleerd onderzoek naar de aantallen grote sterns rustend op de Verklikkerplaat, een zandplaat aan de kust van Schouwen en die bij laagwater door badgasten bezocht kan worden, heeft laten zien dat er aanwijzingen zijn dat het huidige niveau van verstoring door plaatbezoek waarschijnlijk geen aantalsregulerende werking heeft. De vogels kunnen binnen de Voordelta en zelfs binnen deelgebieden bij verstoring alternatieve rustige gebieden vinden.

Het werk met gezenderde vogels heeft overigens laten zien dat een doorwerking naar de populatie heel indirect zal verlopen, omdat er duidelijke aanwijzingen zijn dat de adulte broedvogels vooral sterk gebonden zijn aan de kolonies. Het is een contingent niet-broedende vogels die vooral gebruik maken de platen om te rusten. Deze vogels houden overigens ook binding met de kolonies. Bedacht moet worden dat de platen in de Voordelta alleen bij laag water beschikbaar zijn. Bij hoog water en storm zullen het binnendijs gelegen gebieden zijn die dienst doen als rustplaats, waaronder de kolonies.

Hypothese 6: Er is geen (cor)relatie tussen abiotische parameters van het water of het sediment en de verspreiding van de sterns/visdieven.

Uit literatuur blijkt met name de abiotisch parameter doorzicht en golfslag van invloed is op het vangstsucces van sterns (Baptist & Leopold 2010). De schaal echter waarop de correlatie tussen abiotische parameters van het water en sediment en de verspreiding van sterns voorkomt, komt niet overeen met de schaal (zowel ruimtelijk als temporeel) waarop de

modeluitkomsten ten aanzien van abiotiek beschikbaar zijn. Daarom is het niet mogelijk om deze gezamenlijk te analyseren. In perceel abiotiek zijn geen trendmatige veranderingen gerapporteerd die gerelateerd kunnen worden aan trendmatige veranderingen in de verspreiding van foeragerende grote sterns en visdieven. De analyse van de verspreiding van sterns van open zee heeft wel laten zien dat er gedurende het seizoen een grote variatie in gebiedsgebruik optreedt. De twee grootste factoren die hierbij een rol spelen zijn weersomstandigheden (met name wind die door middel van golfslag en de troebelheid een grote invloed heeft op het efficiënt kunnen foerageren door sterns) en anderzijds het aanbod aan pelagisch vis. Veldwaarnemingen en het zenderwerk hebben aan het licht gebracht dat adulte grote sterns voor een substantieel deel ook buiten de Voordelta foerageren.

Hypothese 7: Er is geen relatie tussen de voedselsituatie lokaal of elders en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta

Deze hypothese sluit enigszins aan bij hypothese 2, maar hier wordt een grote ruimtelijke schaal bedoeld en de mogelijkheid dat het aantal broedparen in de Delta en het aantal sterns gebruik makend van de Voordelta bepaald wordt door externe factoren op metapopulatieschaal.

Zowel visdieven als grote sterns laten over de lange termijn een toenemende populatietrend zien die vooral gezien wordt als een herstel van een grote crash in de jaren zeventig. Het toenmalige populatieniveau is nog lang niet bereikt, maar het lijkt er op dat de aantallen nationaal maar ook regionaal in de Delta niet meer door kunnen groeien. Binnen Nederland zijn er dus eerder aanwijzingen dat de populatie op haar draagkrachtniveau zit. Daarmee valt niet te verwachten dat grote verschuivingen kunnen optreden, mede ingegeven door de beperktheid van geschikte locaties om te broeden.

In de nazomer kan er wel sprake zijn van een situatie waarbij de lokale voedselsituatie en die van elders sterk het aantal vogels in de Voordelta kan bepalen. In deze periode, wanneer de sterns uitvliegen met hun jongen, is nu verschillende jaren vastgesteld dat de Voordelta zelf blijkbaar een mindere voedselsituatie kent dan elders in Nederland. Waarnemingen van gekleurde juveniele grote sterns hebben uitgewezen dat in sommige nazomers de juvenielen met hun ouders direct de Voordelta verlaten om voor de Hollandse kust of zelfs noordelijker aan de Engelse en Schotse oostkust of tot in Zweden alternatieve voedselgebieden te bezoeken. Binnen de Delta, maar ook binnen Nederland lijkt het aantal potentiële broedlocaties beperkt (zie ook hieronder bij hypothese 8), waarbij er een draagkracht beperking lijkt op te treden.

Hypothese 8: Er is geen relatie tussen de veranderingen in de populatiedynamica van de grote sterns/visdieven elders in hun leefgebied en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta.

Die relatie is er vermoedelijk wel, maar door het grote aantal andere factoren die van invloed zijn op het populatieverloop is de invloed van externe factoren beperkt. Hoewel een goede analyse van ringgegevens ontbreekt zijn er aanwijzingen dat met name visdieven uit de Delta behoorlijk plaatstrouw zijn. Hetzelfde geldt voor grote stern, maar in mindere mate. Bij deze soort zijn voorbeelden bekend dat er uitwisseling plaatsvindt op een grote ruimtelijke schaal die de nationale grenzen overstijgt. Maar hierover is nog maar weinig bekend. Wat wel bekend is dat het erop lijkt dat gezien het parallelle, schommelende populatieverloop bij zowel grote stern en visdief in verschillende deelgebieden binnen de Delta en Zeebrugge,

mogelijk gesproken kan worden van regionale metapopulaties met mogelijk beperkte uitwisseling en dat deze populaties bij beide soorten tegen hun draagkracht aanzit.

Hoofdvragen MEP evaluatievraag 3/4 (grote stern/visdief)

Hoofdvragen sterns (hoofdvraag 3 betreft grote stern, hoofdvraag 4 gaat over de visdief):

Evaluatievraag 3/4 b en c betreffen het verband tussen de verspreiding en het aantal vogeldagen in de Voordelta en de ingestelde maatregelen, namelijk het instellen van het bodembeschermingsgebied (vraag b) en de rustgebieden (vraag c). Deelvraag ii richt zich op de oorzakelijke verbanden: voedselbeschikbaarheid, rust of andere factoren. Welke andere factoren dit zijn is tijdens het opstellen van de MEP-vragen niet nader gespecificeerd. Evaluatievraag 3/4 a heeft betrekking op de *aanleg* van de Tweede Maasvlakte. Dit valt buiten de scope van dit onderzoek en zal zodoende niet genoemd worden.

- b** Leidt het instellen van het bodembeschermingsgebied tot een gelijkblijvende potentiële functie van de Voordelta voor de grote stern in termen van voedselbeschikbaarheid?
 - i. Treden veranderingen op in verspreidingspatronen en het aantal vogeldagen van de grote stern t.o.v. de situatie vóór de aanleg van de Tweede Maasvlakte?
 - ii. Zijn deze veranderingen toe te schrijven aan (veranderingen in) de voedselbeschikbaarheid (zie 3a11) of zijn andere factoren van (groter) belang?
- c** Leidt het instellen van de rustgebieden tot een toename van het aantal op platen rustende grote sterns en zo ja, is deze verandering toe te schrijven aan de aanwezigheid van de rustgebieden of ook aan andere factoren?

Subvragen 3b en 5 sterns: Leidt het instellen van het bodembeschermingsgebied tot een gelijkblijvende potentiële functie van de Voordelta voor de grote stern in termen van voedselbeschikbaarheid?

Uit het onderzoek uit perceel benthos en vis zijn geen eenduidige resultaten verkregen dat instellen van het bodembeschermingsgebied tot positieve effecten heeft geleid in termen van voedselbeschikbaarheid voor de Grote Stern. Wel zijn er aanwijzingen verkregen dat er een negatieve relatie bestaat in verspreiding van zandspiering en visserijintensiteit.

b i. ; Ja, er zijn veranderingen opgetreden in het verspreidingspatroon en het aantal vogeldagen van de grote stern t.o.v. de situatie vóór de aanleg van de Tweede Maasvlakte. Voor grote sterns ligt het aantal vogeldagen in de laatste twee jaar in de Voordelta hoger dan het niveau van voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte. Ook foerageren er meer grote sterns voor de kust van de Tweede Maasvlakte, die deels uit een zachte zeewering bestaat, dan langs de oude kust van de oorspronkelijke Maasvlakte, die uit basaltblokken bestond.

Voor visdieven ligt het aantal vogeldagen in de laatste twee jaar in de Voordelta lager dan het niveau van voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte.

b ii. ; Er zijn geen duidelijke aanwijzingen gevonden dat de veranderingen in verspreidingspatronen en het aantal vogeldagen van de Grote Stern t.o.v. de situatie voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte verband houden met veranderingen in de voedselbeschikbaarheid.

Zowel de trend in het aantal vogeldagen van de Grote Stern als de verandering in verspreiding kan deels verklaard worden doordat het aantal broedparen voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte in het noordelijk Deltagebied gemiddeld lager lag dan in de laatste jaren van de T1. Er zijn aanwijzingen die erop duiden dat de zandige kust van de Tweede Maasvlakte een gunstig foerageergebied is geworden voor Grote Sterns (en ook visdieven en andere vogels) ten opzichte van de oude harde zeeweringkust van de Eerste Maasvlakte.

In de jaren 2005 en 2006 wordt het grote aantal vogeldagen van Visdieven vooral veroorzaakt doordat in die jaren zowel het aantal broedparen als de afvoer via de Haringvlietssluisen gemiddeld hoger lag dan tijdens de T1. Tijdens het spuien van de Haringvliet rond laagwater foerageren zowel een groot deel van de visdieven die broeden in het Haringvliet, als een deel van de vogels die broeden op de Maasvlakte rond de uitstroomopeningen.

Via het aandeel zandspiering in het dieet van Grote Sterns zijn er twee wegen waarlangs het instellen van het bodembeschermingsgebied een effect zou kunnen hebben op de sterns in de Voordelta; via het uitvliegssucces van Grote Sternkuikens en via de conditie van de adulte Grote Sterns.

Zandspieringen vormen het stapelvoedsel van adulte grote sterns. Dit komt niet steeds tot uiting in de procentuele dieetsamenstelling, maar wel wanneer wordt gekeken naar de energetische input. Jaarlijks halen adulte vogels gemiddeld 85% van hun energie uit zandspiering. Het is niet bekend waar adulte grote sterns tijdens de periode voor de eileg en tijdens het broeden gaan foerageren, maar meerdere bevindingen wijzen erop dat adulte grote sterns voor hun eigen voedselvoorziening relatief dichtbij de kolonies foerageren, namelijk binnen het Natura 2000-gebied Voordelta en mogelijk vooral in het bodembeschermingsgebied. Verder vormen ook Nereis-wormen een aanvulling van het adulte dieet, zodat positieve effecten van het bodembeschermingsgebied via deze prooi een positief effect op Grote Sterns kan hebben.

Er werd vooralsnog geen link gevonden tussen de samenstelling en kwaliteit van het adulte dieet en de gemiddelde adulte conditie. Mogelijk bestaat er een verband met de energetische waarde van zandspieringen (gezien deze sterk kan verschillen) en de abundantie van deze soort in een bepaald jaar en de adulte conditie in dat jaar. Hierover zijn momenteel echter geen of onvoldoende gegevens beschikbaar. Bij buitenlandse zeevogelkolonies werd wel vastgesteld dat de energetische waarde van zandspieringen een grote invloed kan hebben op het broedsucces.

In het geval van een slechte voedselbeschikbaarheid kan er voor de oudervogels een conflictsituatie ontstaan waarbij vogels voor de keuze komen te staan ofwel voor zichzelf te foerageren om de conditie op peil te houden (wat een directe relatie heeft met de kans op overleving) ofwel voor hun kuiken te zorgen. Bij relatief langlevende soorten als grote stern en visdief heeft het behouden van een gunstige overlevingskans een relatief grote invloed op het life time reproductieve succes, waardoor deze in het geval van een ongunstige voedselsituatie hun kuikens relatief vaak in de steek laten.

In sommige jaren (2009, 2012) lijkt de route via het uitvliegssucces van Grote Sterns niet zozeer van belang gezien het stapelvoedsel van de kuikens vaak vooral uit haringachtigen bestaat. Vooral in jaren met koude zeewatertemperaturen echter komen haringen van

voldoende grootte en energetische waarde om de kuikens groot te brengen pas in de tweede levensweek beschikbaar. Om deze periode te overbruggen lijkt de aanwezigheid van een voldoende grote zandspieroestock cruciaal. Dit was het geval in 2010 en zeker in 2013. Vooral in deze twee jaren werden de kuikens in de eerste twee levensweken grootgebracht op alternatieve prooien waarvan zandspieroestuit de belangrijkste is. In deze jaren was de beschikbaarheid van zandspieroest hoogstwaarschijnlijk bepalend voor het welslagen van het broedseizoen. Ook in 2012 bestond een groot deel van de aangebrachte prooien op Markenje uit zandspieroest, de vogels van de Scheelhoek hadden in dat jaar blijkbaar wel toegang tot haringachtigen van voldoende kwaliteit.

Subvraag 3c en 4c sterns: Leidt het instellen van de rustgebieden tot een toename van het aantal op platen rustende grote sterns en zo ja, is deze verandering toe te schrijven aan de aanwezigheid van de rustgebieden of ook aan andere factoren?

Het perceel Gebruik heeft laten zien dat ten opzichte van de nulmeting en ook gedurende de T1 het plaatbezoek als de meest verstoringende menselijke activiteit voor rustende sterns alleen maar verder is toegenomen. Op grond van dit feit kan al geconcludeerd worden dat indien een toename zou zijn opgetreden van op platen rustende sterns dit niet het gevolg van het instellen van de platen als rustgebied zal zijn.

Op basis van de variatie in totaalaantallen op de platen en ook de verspreiding van jaar tot jaar in de rustgebieden tijdens laag water, kan geconcludeerd worden dat andere factoren een bepalende rol spelen bij de aantallen sterns die van de platen gebruik maken. Enerzijds zijn dit in eerste instantie de aantallen broedparen die zich daadwerkelijk vestigen in de Delta en de plaats van deze vestigingen. Ook niet-broedende vogels hebben overigens een binding met de kolonies omdat deze vogels daar kunnen rusten tijdens bijvoorbeeld hoog water, wanneer de platen in de Voordelta niet beschikbaar zijn.

Mogelijk dat ook plaatmorfologische veranderingen een rol spelen in de verspreiding van rustende sterns. Met name voor de Bollen van de Ooster zou dit een rol kunnen spelen, waarbij het erop lijkt dat het droogvallende gedeelte van de zandrug van de Bollen van de Ooster smaller wordt en grote sterns met name steeds meer een voorkeur hebben voor de Kop van de Bollen van de Ooster.

Het zenderwerk heeft aanwijzingen gegeven dat in mei en juni waarschijnlijk vooral niet-broedende adulten van de platen gebruik maken. In het voorjaar bij aankomst uit de overwinteringsgebieden in Afrika en in de nazomer tijdens het uitvliegen van de jonge sterns kunnen tijdelijk zeer grote aantallen gebruik maken van de platen om te rusten. Deze pieken in aantallen duren echter maar zeer kort, vaak hoogstens twee weken, vaker korter en daarmee dus ook korter dan het ongeveer twee-wekelijks telschema van de monitoring per vliegtuig. Hierdoor kunnen deze pieken ook gemakkelijk gemist worden. Het belang van de platen als rustgebied voor jonge sterns met ouders is dus beperkt tot een relatief korte periode. De eerste resultaten van ringwerk hebben bevestigd dat een groot deel van de jonge vogels met hun ouders na een zeer kort verblijf in de Voordelta naar het noorden trekken, vermoedelijk naar betere voedselgebieden.

5.7 AANBEVELINGEN TEN AANZIEN VAN VERVOLGONDERZOEK

De centrale vraagstelling van onderhavig onderzoek gaat over het gebruik van de Voordelta door sterns. De vogels maken gebruik van de platen om er te rusten en vinden hun voedsel in het open water van de Voordelta. Een nadere detaillering van het onderzoek op zee, maar

met instandhouding van de combinatie met het gedetailleerde onderzoek in de kolonies, is de enige weg om meer kennis te verkrijgen over enerzijds het belang van de platen om te rusten voor sterns die in de Delta broeden en of er een relatie is tussen de prooien die binnen het bodembeschermingsgebied worden gevangen en de eventuele doorwerking van effecten van veranderingen op de zeebodem door een veranderende impact van visserij.

Door het uitbreiden van het onderzoek met behulp van GPS-loggers kan meer te weten gekomen over hoe de sterns gebruik maken van de Voordelta. Een uitbreiding zal meer inzicht geven in 1. het gebruik van de platen door sterns, 2. hoe en waar gevestigd wordt door de adulte vogels. De techniek schrijdt verder voort. Inmiddels zijn er ook GPS-loggers ontwikkeld die geschikt zijn voor visdieven.

Om meer te weten te komen over waar prooivissen door de GPS-gelogde vogels gevangen worden, kan in de kolonies beter gewerkt worden met video-opnames. De waarnemingen vanuit de schuilhut, ondanks de hoge intensiteit van het huidige onderzoek (vanuit het perspectief van bemensing), is van een te lage frequentie en duur gebleken om voldoende waarnemingen op dit punt te kunnen verzamelen. Door een aparte enclosures te maken voor de jongen van GPS-gelogde vogels met video-opstelling waarbij continue opnames gemaakt worden, zou in principe van elke succesvolle vlucht informatie over prooi-soort en lengte verzameld kunnen worden, terwijl de data van de GPS-logger aangeeft waar de vis gevangen is.

Omdat bij het volgen van GPS-gelogde vogels altijd de representativiteit in ogenschouw gehouden moet worden, zou gericht onderzoek met een uitgebreid programma van visuele waarnemingen naar het foerageergedrag op zee gedaan kunnen worden. Op basis van de ervaring tijdens het pelagisch vissen kan een programma opgezet worden waarbij systematisch in verschillende deelgebieden op het open water foerageerwaarnemingen van sterns verzameld worden. Hierbij kan duikfrequentie, succesfrequentie en grootte van de vis ten opzichte van de snavel-lengte en de soortgroep (haringachtige versus zandspieringachtige) bepaald worden en of de gevangen vis voor eigen consumptie door de adult wordt gevangen of dat die naar het jong in de kolonie wordt gebracht. Hierdoor kan nadere informatie over het gebruik van de Voordelta als foerageergebied verzameld worden en kunnen relevante vragen over de relatie van sterns tot het bodembeschermingsgebieden worden beantwoord zoals in hoeverre binnen het bodembeschermingsgebied zandspieringen tot de dominant gevangen prooi-soorten behoort, of adulten proportioneel meer voor zichzelf binnen het bodembeschermingsgebied foerageren en of het voedsel voor de jongen vooral daarbuiten en/of zelfs vooral buiten het Natura 2000-gebied wordt gehaald.

5.8 REFERENTIES

- Arnott, S.A. & G.D. Ruxton, 2002. Sandeel recruitment in the North Sea: demographic, climatic and trophic effects. *Marine Ecology Progress Series* 238: 199-210.
- Baptist, M.J. & M.F. Leopold, 2010. Prey capture success of Sandwich Terns *Sterna sandvicensis* varies non-linearly with water transparency. *Ibis* 152(4): 815-825.
- Beaugrand, G., 2004. The North Sea regime shift: evidence, causes, mechanisms and consequences. *Progress in Oceanography* 60: 245-262.
- Beaugrand, G., P.C. Reid, F. Ibañez, J.A. Lindley & M. Edwards, 2002. Reorganization of North Atlantic marine copepod biodiversity and climate. *Science* 296: 1692-1694.
- Beaugrand, G., K.M. Brander, J.A. Lindley, S. Souissi & P.C. Reid, 2003. Plankton effect on Cod recruitment in the North Sea. *Nature* 426: 661-664.
- Bijlsma R.G., Hustings F. & Camphuysen C.J. 2001. Algemene en schaarse van vogels van Nederland (Avifauna van Nederland 2). GMB Uitgeverij / KNNV Uitgeverij, Haarlem/Utrecht.
- Becker, P.H.; Brenninkmeijer, A.; Frank, D.; Stienen, E.W.M.; Todt, P. (1997). The reproductive success of common terns as an important tool for monitoring the state of the Wadden Sea. *Wadden Sea Newsletter* 1: 37-41.
- Beukema, J., 1997. Calorific values of marine invertebrates with an emphasis on the soft parts of marine bivalves. *Oceanography and Marine Biology: an annual review* 35: 387 – 414.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L. & Thomas, L. 2001. Introduction to Distance Sampling. Oxford University Press, Oxford. 432pp.
- Brenninkmeijer, A. & Stienen, E.W.M. 1992. Ecologisch profiel van de grote stern (*Sterna sandvicensis*). RIN-rapport 92/17. Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek, Arnhem.
- Caccamise, D.F. & Hedin, R.S. 1985. An aerodynamic basis for selecting transmitter loads in birds. *Wilson Bulletin* 97: 306-318.
- Camphuysen, C.J. 2011. Lesser Black-backed Gulls nesting at Texel. Foraging distribution, diet, survival, recruitment and breeding biology of birds carrying advanced GPS-loggers. NIOZ-Report 2011-05, Den Burg, the Netherlands.
- Camphuysen, K.J., Fox, A.D., Leopold, M.F. & Petersen, I.K. 2004. Towards standardised seabirds at sea census techniques in connection with environmental impact assessments for offshore wind farms in the U.K.: a comparison of ship and aerial sampling methods for marine birds, and their applicability to offshore wind farm assessments. NIOZ report to COWRIE (BAM – 02-2002), Texel, 37pp.
- Cochran, W., 1980. Wildlife telemetry. In: S.D. Schemnitz (ed). Wildlife management techniques manual, 4th edition. Blz. 507–520. The Wildlife Society. Washington, DC.
- Cooke, S.J., Hinch, S.G., Wikelski, M., Andrews, R.D., Kuchel L.J., Wolcott, T.G. & Butler, P.J. 2004. Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends in Ecology & Evolution* 19(6): 334-343.
- Corten, A., 2000. A possible adaptation of herring feeding migrations to a changing in timing of the *Calanus finmarchicus* season in the Eastern North Sea. *ICES Journal of Marine Science* 57: 1261-1270.
- Corten, A., 2001. Northern distribution of North Sea herring as a response to high water temperatures and/or low food abundance. *Fisheries Research* 50: 189-204.
- Dänhardt, A. & Becker, P. 2011. Herring and Sprat Abundance Indices Predict Chick Growth and Reproductive Performance of Common Terns Breeding in the Wadden Sea. *Ecosystems* 14(5): 791-803.

- Dean, B.J., Webb, A., McSorley, C.A. & Reid, J.B., (2003), Aerial surveys of UK inshore areas for wintering seaduck, divers and grebes: 2000/01 and 2001/02, JNCC Report 333, ISSN 0963 8091
- Fair, J.M., Paul, E., Jones, J., Clark, A.B., Davie, C. & Kaiser, G. 2010. Guidelines to the use of wild birds in research (3rd edition). 1st edition by Gaunt, A.S. & Oring L.W. (eds). The Ornithological Council, Washington D.C.
- Eriksen, E., R. Ingvaldsen, J.E. Stiansen & G.O. Johansen, 2012. Thermal habitat for 0-group fish in the Barents Sea: how climate variability impacts their density, length and geographic distribution. *ICES Journal of Marine Science* 69: 870-879.
- Fijn, R.C., Wolf, P.A., Courtens, W., Poot, M.J.M. & Stienen, E.W.M. 2011. Dispersie na het broedseizoen, trek en overwintering van Grote Sterns *Thalasseus sandvicensis* uit de Voordelta. *Sula* 24: 121-135.
- Fox, C.J., B.P. Planque & C.D. Darby, 2000. Synchrony in the recruitment time-series of Plaice *Pleuronectes platessa* around the United Kingdom and the influence of sea temperature. *Journal of Sea Research* 44: 159-168.
- Gremillet, D., Dell'Omo, G., Ryan, P.G., Peters, G., Ropert-Coudert, Y. & Weeks, S.J. 2004. Offshore diplomacy, or how seabirds mitigate intra-specific competition: a case study based on GPS tracking of Cape gannets from neighbouring colonies. *Marine Ecology Progress Series* 268: 265-279.
- Gyimesi, A., Boudewijn, T.J., Poot, M.J.M. & Buijs, R-J. 2011. Habitat use, feeding ecology and breeding success of Lesser black-backed gulls in Lake Volkerak. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Henderson, P.A., 1998. On the variability in Dab *Limanda limanda* recruitment: a zoogeographic study. *Journal of Sea Research* 40: 131-142.
- Hislop, J.R.G., M.P. Harris & J.M.G. Smith, 1991. Variation in the calorific value and total energy content of the lesser sandeel (*Ammodytes marinus*) and other fish preyed on by seabirds. *Journal of Zoology* 224: 501-517.
- Holzhauser, H., Prins, T. & Boon, A. 2010. Hypothesedocument MEP NCV. Te toetsen hypothese en effectrelaties voor beantwoording en de evaluatievragen. Intern Deltares document d.d. 21 juli 2010, 79 pp.
- Husebo, A., A. Slotte & E.K. Stenevik, 2007. Growth of juvenile Norwegian spring-spawning herring in relation to latitudinal and interannual differences in temperature and fish density in their coastal and fjord nursery areas. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1161-1172.
- Kay, D. G. & A. E. Brafield, 1973. The Energy Relations of the Polychaete *Nereis* (= *Nereis*) virens (Sars). *Journal of Animal Ecology* 42: 673-692.
- Kahlert, J., Desholm, M., Clausager, I. & Petersen, I.K. 2000. Environmental impact assessment of an offshore wind park at Rødsand. Technical report on birds. NERI, Rønde.
- Klaassen M., Zwaan B., Heslenfeld P., Lucas P. & Luijckx B. (1992) Growth-rate associated changes in the energy-requirements of tern chicks. *Ardea* 80 (1) : 19 - 28.
- Kraker, C. de, 2001. Verslag Hompelvoet/Markenje, Kleine Stampersplaat 2001. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de & Derks, P.J.T. 2003. Verslag Hompelvoet/Markenje, Kleine Stampersplaat 2003. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de & Derks, P.J.T. 2004. Verslag Hompelvoet/Markenje, Kleine Stampersplaat 2004. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de & Derks, P.J.T. 2005. Verslag Hompelvoet/Markenje, Kleine Stampersplaat 2005. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.

- Kraker, C. de 2007. Broedvogels Grevelingen – 2006. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de 2008. Broedvogels Grevelingen – 2007. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de 2009. Broedvogels Grevelingen – 2008. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de 2010. Broedvogels Grevelingen – 2009. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de 2011. Broedvogels Grevelingen – 2010. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kristensen, E., 1984. Life cycle, growth and production in estuarine populations of the polychaetes *Nereis virens* and *N. diversicolor*. *Holarctic Ecology* 7: 249 - 256.
- Loeng, H & H. Gjøsæter, 1990. Growth of 0-group fish in relation to temperature conditions in the Barents Sea during the period 1965-1989. ICES Document CM 1990/G: 49.
- Meininger, P.L., F.A. Arts & N.D. van Swelm, 2000. Kustbroedvogels in het Noordelijk Deltagebied: ontwikkelingen, knelpunten en potenties. Rapport RIKZ/2000.052. Middelburg.
- Ottersen, G. & H. Loeng, 2000. Covariability in early growth and year-class strength of Barents Sea cod, haddock, and herring: the environmental link. *ICES Journal of Marine Science* 57: 339-348.
- Parsons, M., Mitchell, I., Butler, A., Ratcliffe, N., Frederiksen, M., Foster, S., and Reid, J. B. 2008. Seabirds as indicators of the marine environment. *ICES Journal of Marine Science*, 65: 1520–1526.
- Pedersen, J. & J.R.G Hislop, 2001. Seasonal variations in the energy density of fishes in the North Sea. *Journal of Fish Biology* 59: 380-389.
- Phalan, B., Phillips, R.A., Silk, J.R.D., Afanasyev, V., Fukuda, A., Fox, A., Catry, P., Higuchi, H. & Croxall, J.P. 2007. Foraging behaviour of four albatross species by night and day. *Marine Ecology Progress Series* 340: 271-286.
- Phillips, R.A., Xavier, J.C. & Croxall, J.P. 2003. Effects of satellite transmitters on albatrosses and petrels. *Auk* 120: 1082-1090.
- Poot, M.J.M., Heunks, C., Prinsen, H.A.M., van Horssen, P.W. & Boudewijn, T.J. 2006. *Zeevogels in de Voordelta in 2004/2005 en 2005/2006*. Nulmeting in het kader van Monitoring en Evaluatie Programma, Project Mainport Rotterdam - MEP MV2; Perceel 4: Vogels. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Poot, M.J.M., Fijn, R.C., Jonkvorst, R.-J., Heunks, C., Collier, M.P., de Jong, J. & van Horssen, P.W. (2011). *Aerial surveys of seabirds in the Dutch North Sea May 2010 – April 2011*. Seabird distribution in relation to future offshore wind farms. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- RIKZ 2007. Natuurcompensatie Maasvlakte Twee in de Voordelta. De inzet van kennis over de ecologie en morfologie van de Voordelta om het maatregelenpakket ter compensatie van de natuureffecten van de Tweede Maasvlakte te verantwoorden. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee rapport RIKZ/2007.006, Den Haag, NL.
- Ryan, P.G., Petersen, S.L., Peters, G. & Gremillet, D. 2004. GPS tracking a marine predator: the effects of precision, resolution and sampling rate on foraging tracks of African Penguins. *Marine Biology* 145: 215-223.
- Santoul, F, Segura, G, Mastorillo, S. 2004. Environmental determinants of Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo*) distribution in small man-made waterbodies – a case study of gravel pits in southwest France. *Hydrobiologica* 529: 179-186.

- Steiner, I., C. Burgi, S. Werffeli, G. Dell'Omo, P. Valenti, G. Troster, D.P. Wolfer & H-P. Lipp, 2000. A GPS-logger and software for analysis of Homing in Pigeons and Small Mammals. *Physiology & Behaviour* 71: 589-596.
- Stienen E.W.M. 2006. Living with gulls : trading off food and predation in the Sandwich Tern *Sterna sandvicensis* Wageningen, Alterra, 192p. (Alterra scientific contributions ; 15), Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.
- Stienen, E.W.M. & Brenninkmeijer, A. 1992. Ecologisch profiel van de visdief (*Sterna hirundo*). RIN-rapport 92/18. Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek, Arnhem.
- Stienen, E.W.M.; Brenninkmeijer, A. (1999). Keep the chicks moving: how Sandwich Terns can minimize kleptoparasitism by Black-headed gulls. *Animal Behaviour* 57: 1135-1144.
- Stienen, E.W.M. & A. Brenninkmeijer, 2006. Effects of brood size and hatching sequence for pre fledging mortality in Sandwich Terns: why lay two eggs? *Journal of Ornithology* 147: 520-530.
- Stienen E.W.M. & Brenninkmeijer A. 2002. Variation in growth in sandwich tern chicks *Sterna sandvicensis* and the consequences for pre- and post-fledging mortality. *Ibis* 144(4): 567-576.
- Stienen E.W.M., et al. 2001.
- Stienen E.W.M., Brenninkmeijer A. & van der Winden J. 2009. De achteruitgang van de Visdief in de Nederlandse Waddenzee Exodus of langzame teloorgang? *Limosa* 82: 171-186.
- Stienen, E., Courtens, W., Vanermen, N., Verstraete, H. 2013. Terns as health indicators for the pelagic realm. In proceeding of the Waterbird Society 37th Annual Meeting, Wilhelmshaven.
- Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein, P.A. Wolf & P.L. Meininger, 2008. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2007. Rapport RIKZ/2007.016. Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ, Middelburg.
- Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein & P.A. Wolf, 2013. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2012. RWS Centrale Informatievoorziening BM 13.18. Rapport. Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Den Haag.
- Vanaverbeke, J., Franco, M.A., Remerie, T., Vanreusel, A., Vincx, M., Moodley, L., Soetaert, K., van Oevelen, D., Courtens, W., Stienen, E., Van de Walle, M., Deneudt, K., Vanden Berghe, E., Draisma, S., Hellemans, B., Huyse, T., Volckaert, F.A.M.J. & Van den Eynde, D. 2007. Higher trophic levels in the southern North Sea "TROPHOS": Final report EV/25. Belgian Science Policy: Brussel. 89 pp.,
- Vanaverbeke J, Braarup Cuykens A, Braeckman U, Courtens W, Cuveliers E, Deneudt K, Goffin A, Hellemans B, Huyse T, Lacroix G, Larmuseau M, Mees J, Provoost P, Rabaut M, Remerie T, Savina M, Soetaert K, Stienen EWM, Verstraete H, Volckaert F, Vincx M. Understanding benthic, pelagic and airborne ecosystem in-teractions in shallow coastal seas. "WestBanks". Final Report. Brussels: Belgian Science Policy Office 2011 – 82 p.
- Vandenabeele, S.P., Shepard, E.L., Grogan, A. & Wilson, R.P. 2011a. When three per cent may not be three per cent; device-equipped seabirds experience variable flight constraints. *Marine Biology* 159(1): 1-14.
- Vandenabeele, S.P., Wilson, R.P. & Grogan, A. 2011b. Tags on seabirds: how seriously are instrument-induced behaviours considered? *Animal Welfare* 20: 559-571.
- van der Kooij, J. B.E. Scott & S. Mackinson, 2008. The effects of environmental factors on daytime sandeel distribution and abundance on the Dogger Bank. *Journal of Sea Research* 60: 201-209.

- van Deurs, M., R. van Hal, M.T. Tomczak, S.H.Jónasdóttir & P. Dolmer, 2009. Recruitment of lesser sandeel *Ammodytes marinus* in relation to density dependence and zooplankton composition. *Marine Ecology Progress Series* 381: 249-258.
- Veen, J, 1977. Functional and causal aspects of nest distribution in colonies of Sandwich Tern (*Sterna s.sandvicensis* Lath.). Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.
- Wanless, S., M. P. Harris, P. Redman & J.R. Speakman, 2005. Low energy values of fish as a probable cause of a major seabird breeding failure in the North Sea. *Marine Ecological Progress Series* 294: 1- 8.
- Wanless, S., P.J. Wright, M.P. Harris & D.A. Elston, 2004. Evidence for decrease in size of lesser sandeels *Ammodytes marinus* in a North Sea aggregation over a 30-yr period. *Marine Ecology Progress Series* 279: 237-346.
- Weimerskirch, H., Bonadonna, F., Bailleul, F., Mabile, G., Dell'Omo, G. & Lipp, H.P. 2002. GPS Tracking of Foraging Albatrosses. *Science* 295: 1259-1259.
- Weimerskirch, H., Pinaud, D., Pawlowski, F. & Bost, C-A. 2007. Does prey capture induce area-restricted search? A fine-scale study using GPS in a Marine Predator, the Wandering Albatross. *The American Naturalist* 170(5): 734-743.
- Wilson R.P., Pütz K., Peters G., Culik B., Scolaro J.A., Charrassin J.-B. & Ropert-Coudert Y., 1997. Long-term attachment of transmitting and recording devices to penguins and other seabirds. *Wildlife Society Bulletin* 25: 101–106.
- Wilson, R.P., D. Gremillet, J. Syder, M.A.M. Kierspel, S. Garthe, H. Weimerskirch, C. Schaffer-Neth, J.A. Scolaro, C-A. Bost, J. Plotz & D. Nel, 2002. Remote-sensing systems and seabirds: their use, abuse and potential for measuring marine environmental variables. *Marine Ecology Progress Series* 228: 241-261.
- Zavalaga, C.B., Alfaro-Shigueto, J. & Dell'Omo, G. 2010. First GPS-Tracks of Peruvian Diving-petrel and Inca Terns in Southern Peru. Report presented to the Pacific Seabird Group Conservation Small-grant Program. Nagoya, Japan, Nagoy University.

BIJLAGE 1: Achtergrondinformatie methodiek vliegtuigtellingen - *Distance sampling en analysis*

Telmethoden nulmeting met stripbandmethode MWTL tijdens het eerste jaar

Op het Nederlands continentaal plat (NCP) vindt sinds jaren monitoring van zeevogels plaats vanuit het vliegtuig volgens een stripbandmethode. Bij het opstellen van het meetplan is in overleg met het toenmalige RIKZ overeengekomen dat deze methode ook gebruikt zou worden om gegevens in het kader van de nulmeting te verzamelen. Hiermee zouden gegevens vergelijkbaar zijn met die verzameld in het kader van de MWTL-monitoring. Het principe van de methode berust op het tellen van vogels in een vaste strip, waarbij binnen deze strip de dichtheid wordt berekend op basis van het aantal vogels gedeeld door het oppervlak van 'monsters'. Het monsteroppervlak bestaat uit de afstand die het vliegtuig in één minuut heeft afgelegd en de stripbreedte.

Stripbandmethode seizoen 2004/2005:

- waarnemingen in een vaste strip naast het vliegtuig (ongeveer honderd meter breed) (strip A en B);
- bepaling van de dichtheid van vogels op basis van het aantal vogels waargenomen in een waarneemmonster;
- monsteroppervlak bestaat uit de afstand die het vliegtuig in één minuut heeft afgelegd en de stripbreedte;
- aanname is dat binnen strip geen detectieverlies optreedt;
- stripbreedtebepaling aan de hand van uitkomsten kalibratie via sheetmethode en kalibratie met clinometer.

Lijntransect of 'Distance sampling'-methode seizoen 2005/2006 en gedurende de T1:

- waarnemingen volgens 'Distance sampling'; prioriteit van aandacht naar strip dichtbij het vliegtuig (strip A);
- bepaling van detectiecurve per soort in relatie tot dwarse afstand vanaf het vliegtuig op basis van 5 stripbanden (A tot en met E, afstand op basis middenpositie strip);
- door middel van het fitten van een detectiecurve wordt de werkelijke dichtheid gereconstrueerd op de lijn waarlangs het vliegtuig vliegt (het betreft de binnenlijn van waaraf waargenomen kan worden, omdat er niet recht naar beneden gekeken kan worden);
- statistisch significante factoren als groeps grootte, waarneemomstandigheden tijdens de telling (seastate) en andere factoren worden meegewogen om de schatting van de dichtheid te optimaliseren (op basis van statistische vergelijking van modeluitkomsten met en zonder genoemde factoren).

Ten aanzien van de veldmethodiek van vogeltellingen vanuit een vliegtuig werd in het eerste seizoen (Poot *et al.* 2006) geheel aangesloten bij de systematiek die RWS-RIKZ daarvoor ontwikkeld heeft. Deze veldmethode is een stripbandmethode, waarbij in een ongeveer 100 m brede strip alle vogels worden geteld. Deze strip is aan enige variatie onderhevig, maar werd in beide seizoenen vastgelegd door middel van de zogenaamde 'plastic sheet methode'. Op basis van zithouding heeft iedere waarnemer een eigen min of meer vaste stripbreedte die geteld wordt. De stripbreedte wordt voor iedere waarnemer bepaald door middel van het intekenen van de horizon en de begrenzingen van de waarneemstrip op een overheadsheet op de vliegtuigruit waar doorheen gekeken wordt volgens de door RIKZ beschreven standaard (Berrevoets & Arts 2003). Op basis van deze methode wordt een waarnemers afhankelijke stripbreedte berekend, waarna waarnemingen kunnen worden omgezet in dichtheden vogels. Op 23 november 2004 hebben de door Bureau Waardenburg nieuw in te

zetten tellers voor de vliegtuigtellingen deelgenomen aan een kalibratiesessie, de zogenaamde 'hangar-dag' op Vliegveld Midden-Zeeland, om zit- c.q. kijkhouding in het vliegtuig te oefenen en de daaruit voortvloeiende breedte van het observatiestrip te berekenen (zie Berrevoets & Arts 2003). De waarneemstrip volgens de RIKZ methode bestaat uit twee strips, een A en een B-strip.

In het tweede seizoen is de stripbandmethode uitgebreid met meerdere waarneemstrips (naast A en B, ook C tot en met E). Dit betekende dat de gegevens ook geschikt waren voor een Distance analyse. Tevens bood dit de mogelijkheid om op een tweede manier de stripbreedte per waarnemer te bepalen door het gebruik van de clinometer. Op basis van een hoekmeting en de vlieghoogte kan via goniometrie de stripbreedte uitgerekend worden. Het voordeel van het gebruik van de clinometer ten opzichte van de sheetmethode is dat alle waarnemers dezelfde stripbanden aanhouden en in principe elke individuele waarneming kan worden gekalibreerd. Alleen de eerste stripband (A) is aan variatie onderhevig, afhankelijk van de lengte van de waarnemer in combinatie met hoogte van stoel in het vliegtuig. Hierdoor varieert de hoek waaronder zo veel mogelijk schuin onder het vliegtuig kan worden gekeken.

Distance sampling techniek

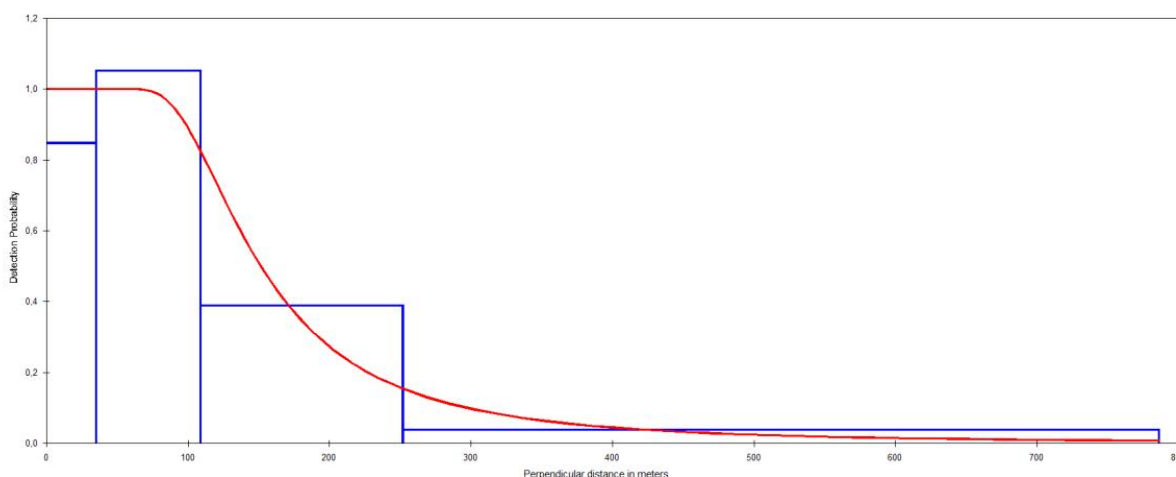
De Distance Sampling Techniek (Buckland *et al.* 1993, 2001, 2004) is een veld- en berekeningsmethode waarbij via het vastleggen van waarnemingen en hun afstand ten opzichte van een transectlijn (vandaar Distance), totale aantallen in een studiegebied berekend kunnen worden. De detectiekans om vogels waar te nemen vanuit een vliegtuig (of vanaf een schip) neemt af met toenemende afstand tot de gevolgde transectlijn. Het principe van de analyse methode is om dit detectieverlies te modelleren. Een detectiecurve kan worden bepaald door een wiskundige lijn door de frequentieverdeling van de waarnemingen te fitten die uitgezet is tegen de waarneemafstand. Wanneer de detectiecurve een goede fit heeft (bepaald op basis van statistische criteria) kan op grond van deze curve de werkelijke dichtheid op de transectlijn worden gereconstrueerd. Deze techniek staat daarom ook bekend als lijntransectmethode. Ter illustratie verwijzen wij naar Figuur B-1.1 waar de lijn op afstand nul de gereconstrueerde dichtheid weergeeft. Het sterke punt van de Distance sampling benadering is dat de berekeningen op basis van statistische analyses plaatsvinden, zodat alle uitkomsten van bijvoorbeeld de aantalschattingen begeleid worden met betrouwbaarheidsintervallen. Om deze analyses te doen is software beschikbaar op internet (Distance versie 6.0, release 2.0, Thomas *et al.* 2010).

Een belangrijke voorwaarde van uitvoering van deze techniek is dat de waarnemers er naar moeten streven om in de eerste afstandklasse alle vogels te detecteren (strip A, Figuur 5.5 in §5.2). De kans op detectie van een vogel is dichtbij altijd het hoogst en zal met de afstand geleidelijk afnemen. Wanneer waarnemers systematisch op deze manier waarnemen, zal de wiskundige fit van de detectiecurve het best zijn, en daarmee ook de betrouwbaarheid van de verdere uitkomsten. Indien er voldoende waarnemingen zijn, is het mogelijk situatieafhankelijke detectiecurves te bepalen, zodat correcties mogelijk zijn zoals voor effecten van verschillen in waarneemomstandigheden of systematische verschillen tussen waarnemers.

Er zit ten aanzien van het tellen van onderduikende vogels als aalscholvers een methodische beperking aan lijn-transect vliegtuigtellingen vast, namelijk dat juist een deel van deze vogels dichtbij de transectlijn niet kan worden waargenomen doordat ze als reactie op de aanwezigheid van het vliegtuig onderduiken. Daarmee wordt voor deze vogels niet voldaan aan één van de sleutelaannames binnen de Distance analyse, namelijk dat waarnemers dichtbij de lijn de meest maximale detectie hebben. Daarnaast kan het zijn dat een deel van de vogels onder water aan het foerageren is op het moment van passage, waardoor ze eveneens aan het waarnemersoog worden onttrokken. Doordat vogels gemist worden op en

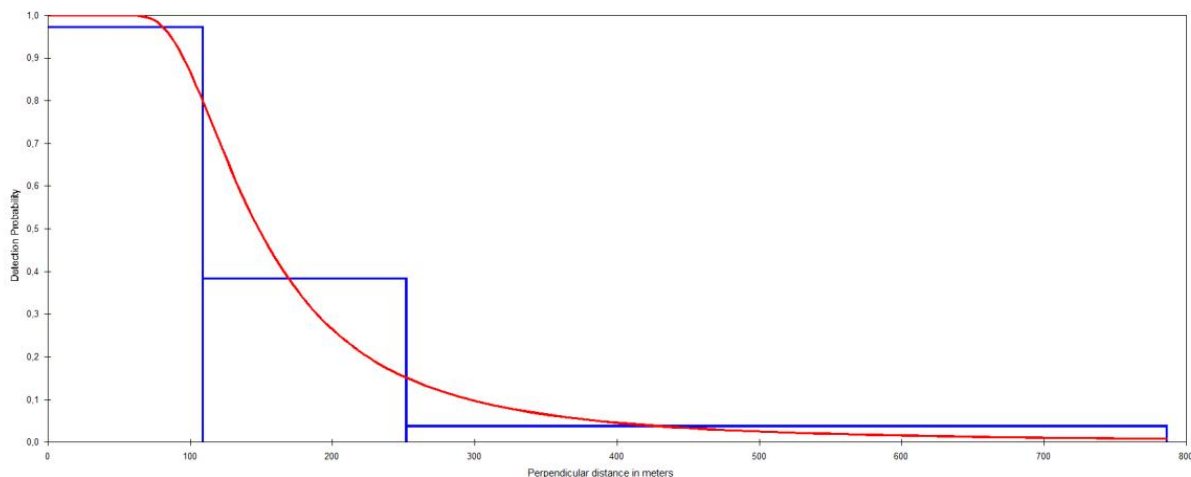
dichtbij de transectlijn (de zogenaamde $g(0)$ is niet gelijk aan 1 (100%), waarin $g(0)$ de kans is dat vogels op de transectlijn worden waargenomen) vallen de aantalschattingen lager uit als hier niet voor gecorrigeerd wordt. In het geval van Distance analyse kan een correctie op twee manieren plaatsvinden. Ten eerste kan een correctie worden uitgevoerd als de $g(0)$ bekend is door aanvullend onderzoek. Dit aanvullend onderzoek is voor veel onderduikende soorten echter niet beschikbaar. Een alternatieve manier is bij de bepaling van de detectiecurve rekening te houden met de onderschatting van het aantal vogels in de eerste waarnemingstripband door de beïnvloede stripband uit te sluiten dan wel samen te voegen, waardoor de statistische fit beter uitpakt. Bij de bespreking van de resultaten van de analyses wordt hier een nadere toelichting op gegeven.

Twee detectiecurves van waargenomen grote sterns worden weergegeven in Figuur B-1.1 en B-2.2. Eén is gemaakt op basis van de oorspronkelijke stripbanden Figuur B-1.1 en één waarbij stripband A en B zijn samengenomen (Figuur B-1.2). In Figuur B-1.1 is te zien dat er een onderschatting van het aantal grote sterns in de eerste stripband optrad, dit terwijl je juist zou verwachten dat in de eerste stripband de meeste grote sterns waargenomen zouden worden. Dat dit niet het geval is, duidt er op dat in deze stripband een verstoring effect van het vliegtuig moet hebben opgetreden. Meest voor de hand liggend is dat vogels in de stripband A door de verstoring stripband B zijn ingevlogen. Het is regelmatig waargenomen dat grote sterns dicht bij het vliegtuig reageren op het vliegtuig. Zoekende en foeragerende vogels gaan over in een vlucht waarbij zij zich verwijderen van de transectlijn en vogels in een pendelvlucht versnellen, met name vogels die op enige hoogte vliegen. Wanneer een wiskundige trendlijn door deze data wordt gefit (de *hazard-rate* functie bleek voor deze dataset in alle gevallen de beste fits te geven), zal het duidelijk zijn dat een dergelijke reconstructie van de detectiecurve een onderschatting van de dichtheid en vervolgens van de geschatte totaalpopulatie zal geven. Met deze bewerking wordt door Distance gecorrigeerd voor het effect van verlaagde aantallen in de A strip.



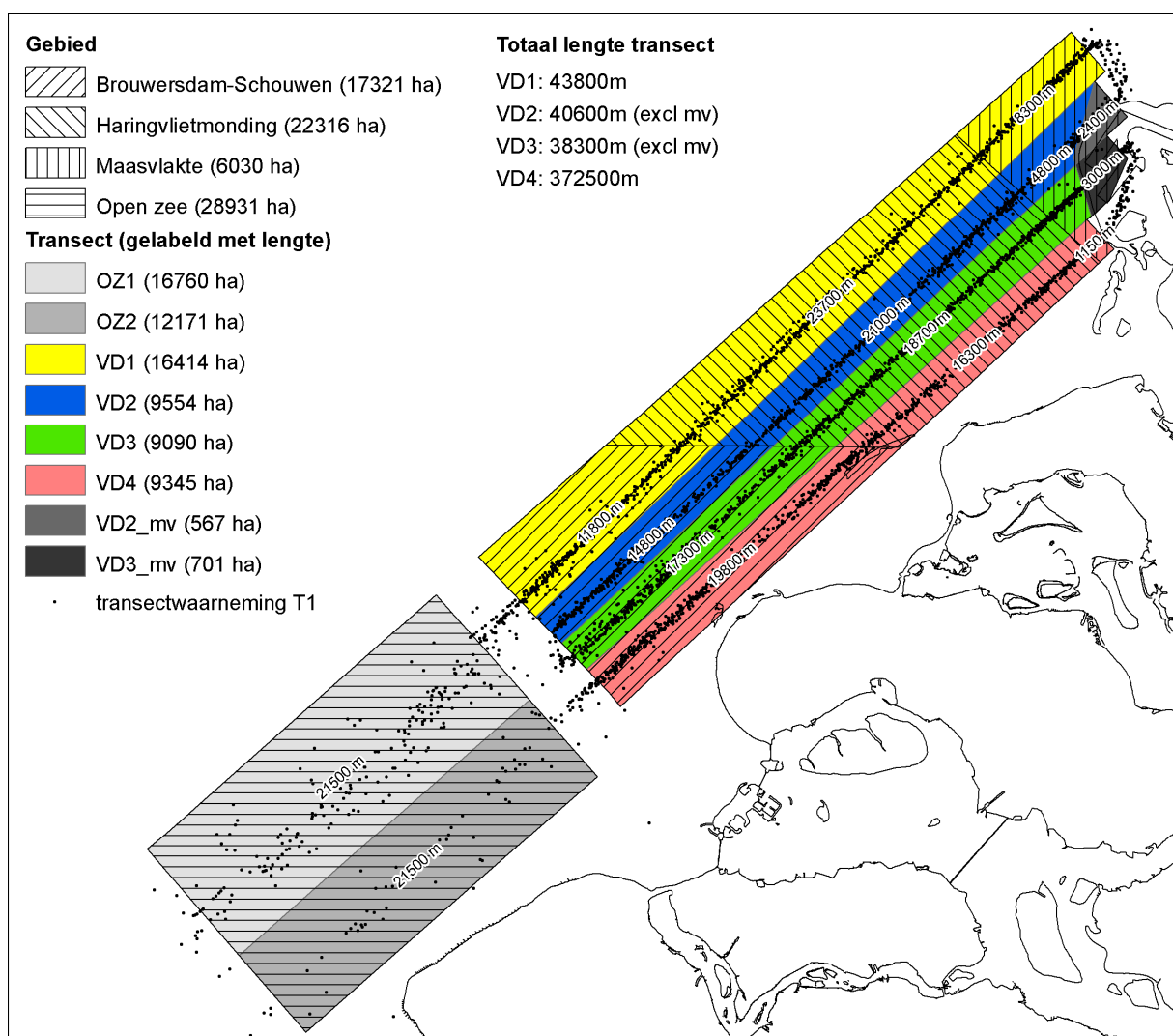
Figuur B-1.1

Detectie curve voor grote sterns (hazard-rate functie met cosine adjustement), met waarnemingen alleen aan zijde van vliegtuig met zonlicht mee. In strip A worden proportioneel minder vogels waargenomen dan in B. Dit wordt voor een belangrijk deel verklaard doordat vogels reageren op het passerende vliegtuig. De gefitte detectiecurve die de dichtheid schat op de transectlijn (afstand 0) komt daarmee te laag uit.



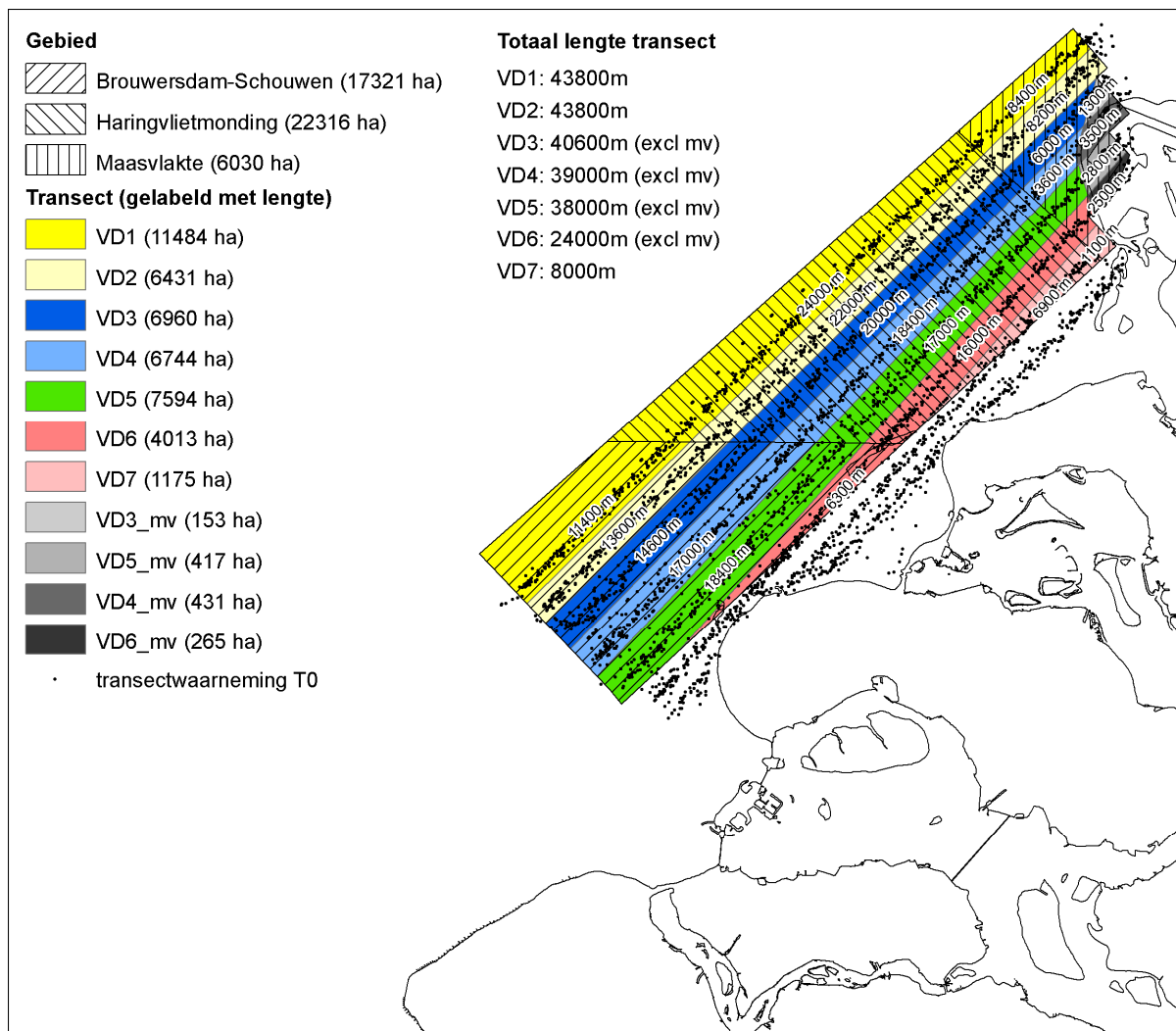
Figuur B-1.2 Detectie curve voor grote sterns (hazard-rate functie met cosine adjustment) van een analyse waarin strip A en B zijn samengenomen (binning). De gefitte curve wordt nu niet 'naar beneden' getrokken door de 'verstoorde' waarnemingen in stripband A.

Wanneer een striptransectmethode is gebruikt, waarbij alleen de waargenomen vogels in stripband A en B zijn vastgelegd (conform de standaardmethode van het MWTL, Berrevoets & Arts (2003)), kunnen deze gegevens ook in Distance worden geanalyseerd en wel met een uniforme detectiecurve.



Figuur B-1.3

De ligging van de vier vliegtuigtransecten tijdens T1 waarmee dichtheden en verspreiding van sterns en aalscholvers in het open zeegebied van de Voordelta tussen de Maasvlakte en de Oosterscheldekering werd bepaald. In het open zeegebied voor de kust van Walcheren lagen twee transecten.



Figuur B-1.4 Vliegtuigtransecten tijdens T0. Het aantal transecten in de T1 was ten opzichte van de T0 teruggebracht van acht naar vier, zodat voor de vergelijking van T0 en T1 zijn alleen de vier overlappende transecten VD1, VD3, VD4 en VD6 gebruikt. Tijdens de T0 was er geen dekking van het open zeegebied voor de kust van Walcheren.

Literatuur

- Berrevoets, C.M. & F.A. Arts, 2003. Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en de Nederlandse kustwateren, januari 2003. Rapport RIKZ/2003.008. RWS, RIKZ / Delta ProjectManagement, Middelburg / Culemborg.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P. and Laake, J.L. 1993. Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Chapman and Hall, London. 446pp.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L. and Thomas, L. 2001. Introduction to Distance Sampling. Oxford University Press, Oxford. 432pp.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L. and Thomas, L. eds. 2004. Advanced Distance Sampling. Oxford University Press, Oxford. 414pp.
- Poot, M.J.M., Heunks, C., Prinsen, H.A.M., van Horssen, P.W., & Boudewijn, T.J. 2006. Zeevogels in de Voordelta in 2004/2005 en 2005/2006. Nulmeting in het kader van Monitoring en Evaluatie Programma, Project Mainport Rotterdam - MEP MV2; Perceel 4: Vogels. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Thomas, L., Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Laake, J.L., Strindberg, S., Hedley, S.L., Bishop, J.R.B., Marques, T.A. and Burnham, K.P. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. J. App. Ecol. 47, 5-14.

BIJLAGE 2: Onderzoek naar gebiedsgebruik met behulp van radiozenders

Onderzoek met radiozenders in 2009 en 2010

Tijdens de broedseizoenen van 2009 en 2010 is het onderzoek naar het gebiedsgebruik in de Voordelta van grote sterns en visdieven gestart met behulp van radiozenders. In de loop van 2010 werden de eerste tekenen zichtbaar dat de ontwikkelingen met GPS-loggers zo snel gingen dat binnen afzienbare tijd deze voldoende klein zouden kunnen worden geproduceerd om te kunnen toepassen bij grote sterns en we deze geavanceerdere techniek, zoals gehoopt bij het opzetten van het onderzoeksplan, binnen dit project zouden kunnen inzetten. In 2011 was het mogelijk de eerste testen met prototypen te doen, waarna vervolgens de techniek in 2012 en 2013 zeer succesvol is ingezet in de Delta. De bevindingen verkregen met GPS-loggers zijn dermate meer informatief dat we daar de meeste aandacht aan geven en de resultaten van de eerste twee onderzoeksjaren verkregen door middel van radiozenders in deze bijlage worden gepresenteerd.

Dit is een veelgebruikte methode die met succes was toegepast bij reuzensterren (Anderson *et al.* 2005), visdief (Bugoni *et al.* 2005), zwarte stern (Poot *et al.* niet-gepubliceerde gegevens) en dwergsterren (Perrow *et al.* 2006). In drie verschillende kolonies werden in totaal 60 visdieven en 30 grote sterns gevangen en voorzien van een 1 grams radiozenders van de firma Microtes. Vogels werden met inloophokken op het nest gevangen in het Haringvliet op de Scheelhoek (grote sterns (n = 15 in 2009, 15 in 2010) en visdieven (15 in 2009 en 15 in 2010) en Slijkplaat (visdieven (15) in 2009) en op de Maasvlakte-Vogelvallei (visdieven (15) in 2010). Met behulp van deze zenders konden de vogels in het veld worden teruggevonden en kan aan- en afwezigheid worden bijgehouden in de kolonie. Hierdoor werd inzicht verkregen in habitatgebruik en foerageerduur. Naast de zender werden vogels ook met een individueel herkenbare codering gekleurd met picrine of zilvernitraat om ze terug te kunnen vinden in het veld en in de kolonie (zie figuren B-4.2 en B-4.3). Ook werd elke gevangen vogel geringd en van een kleuring voorzien (in 2009 egaal geel en in 2010 gecodeerd blauw).

De uitgezonden signalen van de radiozenders werden opgevangen door in de kolonie geplaatste ontvangers (Figuur B-2.1) waarbij nummer, tijd en signaalsterkte werden opgeslagen in een database. Ook werd vanaf de kust met een handontvanger en antenne gezocht naar sterns. Daarnaast werd onder een vliegtuig een antenne gemonteerd waarop binnen een ontvanger kon worden aangesloten. Hiermee werd het mogelijk op zoek te gaan naar gezenderde sterns verder op zee. In totaal zijn in de twee seizoenen 29 vluchten met ontvanger boven de Voordelta uitgevoerd. Op basis van alle gegevens samen ontstaat een ruimtelijk beeld van waar de zenders (en dus de gezenderde vogels) zich bevinden.

Bij de start van het project zijn detectieproeven gedaan met de zenders waarbij een maximale detectieafstand van een paar honderd meter werd vastgesteld, afhankelijk van habitat en weersomstandigheden. Op basis van de signaalsterkte kan uit meerdere waarnemingen van eenzelfde vogel vanuit het vliegtuig de positie tot op een honderdtal meters nauwkeurig bepaald worden. Omdat in 2010 met een ander type zender is gewerkt is ter kalibratie een analyse met waarnemingen uit het vliegtuig uitgevoerd om de betrouwbaarheid van de positiebepalingen nader te onderbouwen.

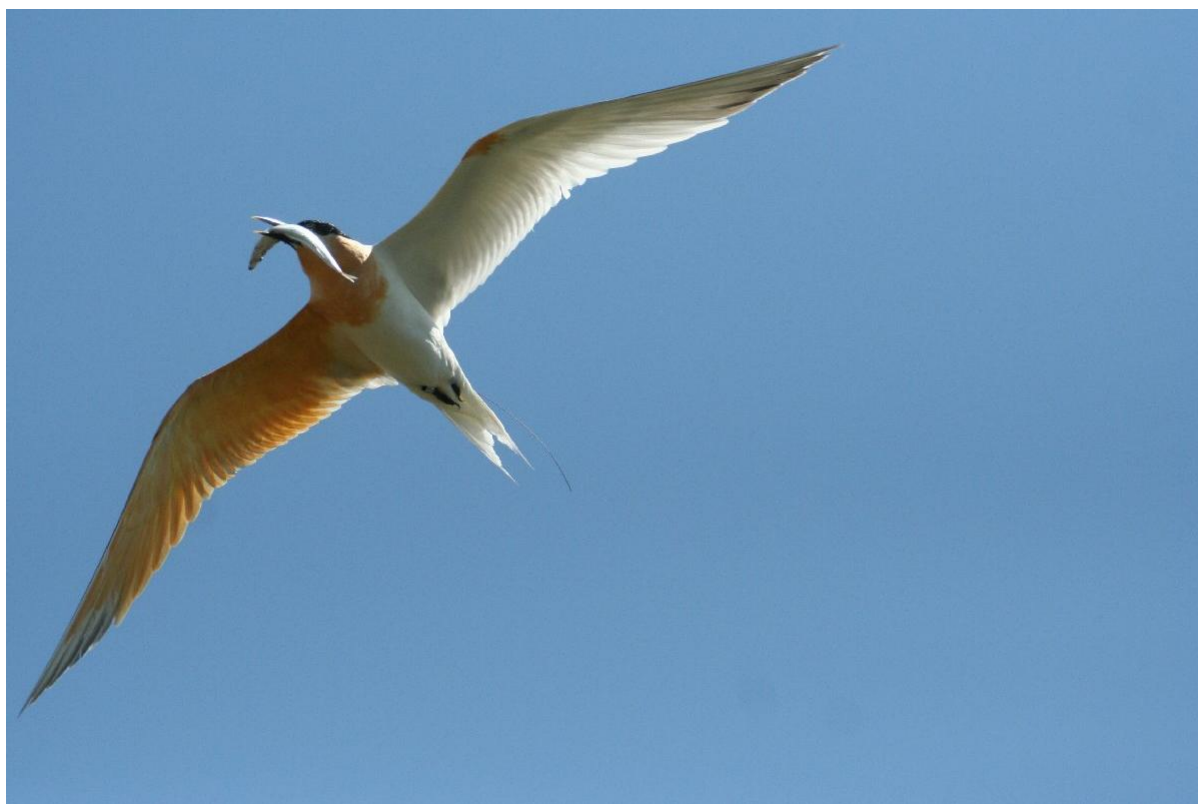
Zenderprestaties

Hoewel het toepassen van radiozenders veel nieuwe informatie over de verspreiding van sterns in het zeegebied heeft opgeleverd zijn er nog steeds veel beperkingen aan het gebruik van dit materiaal. De grootste beperking is dat de zenders zelf geen plaatsbepaling doen maar dat er in het veld actief moet worden gezocht naar de zenders. Onderzoekers moeten daarmee veel inspanning verrichten om vervolgens een (ten opzichte van een GPS-logger) relatief onnauwkeurige plaatsbepaling te kunnen doen. Door de weinig frequente plaatsbepalingen is het vaak niet mogelijk informatie te verkrijgen over het gedrag van de vogel of welke route de vogel gevlogen heeft.

Daarnaast bleek ook dat voor grote sterns de radiozenders voornamelijk gegevens in de Voordelta opleverden van vogels waarvan het broedsel mislukt was. Deze blijven langer op één plaats waardoor ze gemakkelijker terug te vinden waren. Het bleek moeilijk te zijn om broedende grote sterns terug te vinden in het veld doordat de trefkans vanuit het vliegtuig klein is, met name omdat adulte grote sterns



Figuur B-2.1. Automatische recorder en antenne in de Scheelhoek kolonie die de aan- en afwezigheid van gezenderde sterns vastlegde (Foto M. Poot).



*Figuur B-2.2 Grote stern *YY* (ongekleurde linkervleugel, gele (Yellow) kop, gele rechternvleugel, ongekleurde staart) met vis en zender met antenne, net zichtbaar rechts van staartpunt (Foto M. Hoekstein).*



Figuur B-2.3 Visdief YB** met kleurring BLAUW-35 (zichtbaar om de rechterpoot) en zender 2-022 (antenne zichtbaar op de staart) voert een zeenaaldachtige aan zijn/haar kuiken (Foto R. Fijn).

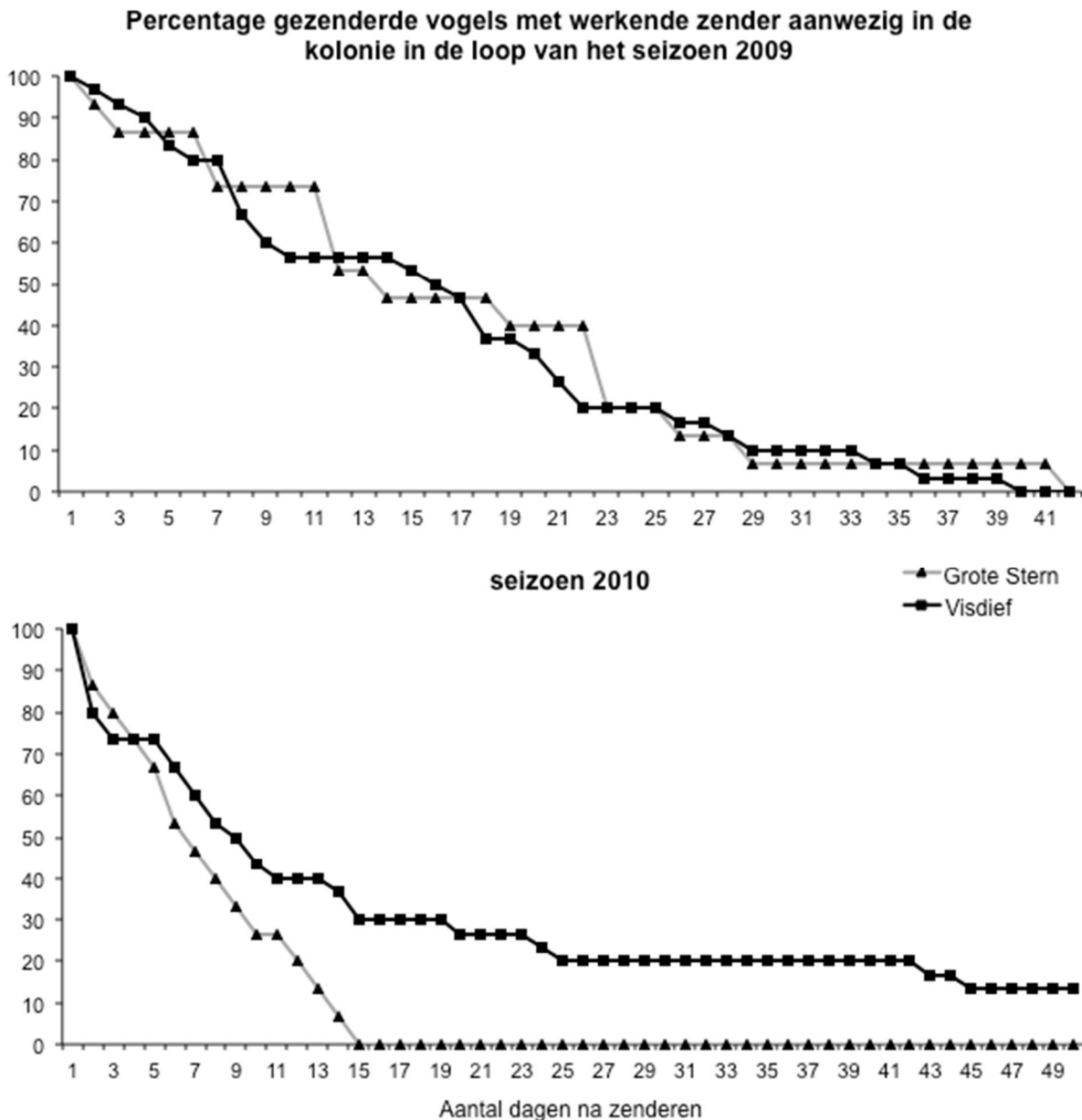
of heen en weer pendelen tussen kolonie en foerageergebied of in de kolonie verblijven, en mede omdat, op basis van waarnemingen uit het vliegtuig we vermoedden dat de vogels deels buiten het Natura 2000gebied Voordelta voedsel zoeken voor hun jongen. Dit vermoeden werd overigens bevestigd door het gebruik van GPS-loggers. Voor visdieven speelde dit minder omdat de steekproef bij deze soort veel groter was en de vogels een veel kleiner gebied gebruiken dan grote sterns. Beide factoren vergrootte de trefkans aanzienlijk.

In de loop van beide seizoenen bleek dat in slechts een enkel geval de zender bleef zitten tot aan de ruitijd (wat in principe het doel is). In veel gevallen bleek na enkele dagen tot weken de zenders niet meer op de rug van verschillende vogels te zitten. Blijkbaar heeft een aantal vogels de zender weten los te peuteren of is deze vanzelf afgevallen. Het is onduidelijk of de vogels te makkelijk bij de zender konden komen en deze eraf konden peuteren of dat de lijm niet goed genoeg hield. Uit tests op kantoor bleek dat de lijm goed houdt op flexibele ondergrond dus waarschijnlijk blijven de vogels net zo lang aan de zender trekken totdat deze loslaat.

Gemiddeld hebben de zenders in 2009 15 ± 10 dagen (min. 1 max. 41 dagen) op de rug van een vogel gezeten. In 2010 was dit korter namelijk 11 ± 11 dagen (min. 1 max. 37 dagen) (Figuur B-2.4). Een enkele keer is voorgekomen dat de zender wel het gehele seizoen op de rug van de vogels zat (visuele waarneming) maar geen data meer genereerde na een aantal dagen (kolonie waarneming), mogelijk door batterijproblemen of een ander defect.

Zeker de grote stern bleek een lastige soort om de zenders te laten dragen. Toch komen de gevonden perioden wel overeen met vergelijkbare studies aan andere soorten (e.g. Bugoni *et al.* 2005; Perrow *et al.* 2006; Adams & Takekawa 2008; Wilson *et al.* 2009). Naar alle

waarschijnlijkheid ligt de oorzaak van deze uitval puur in de aard van de soort en de mate van drukte binnen de kolonie en niet in de gebruikte methode.



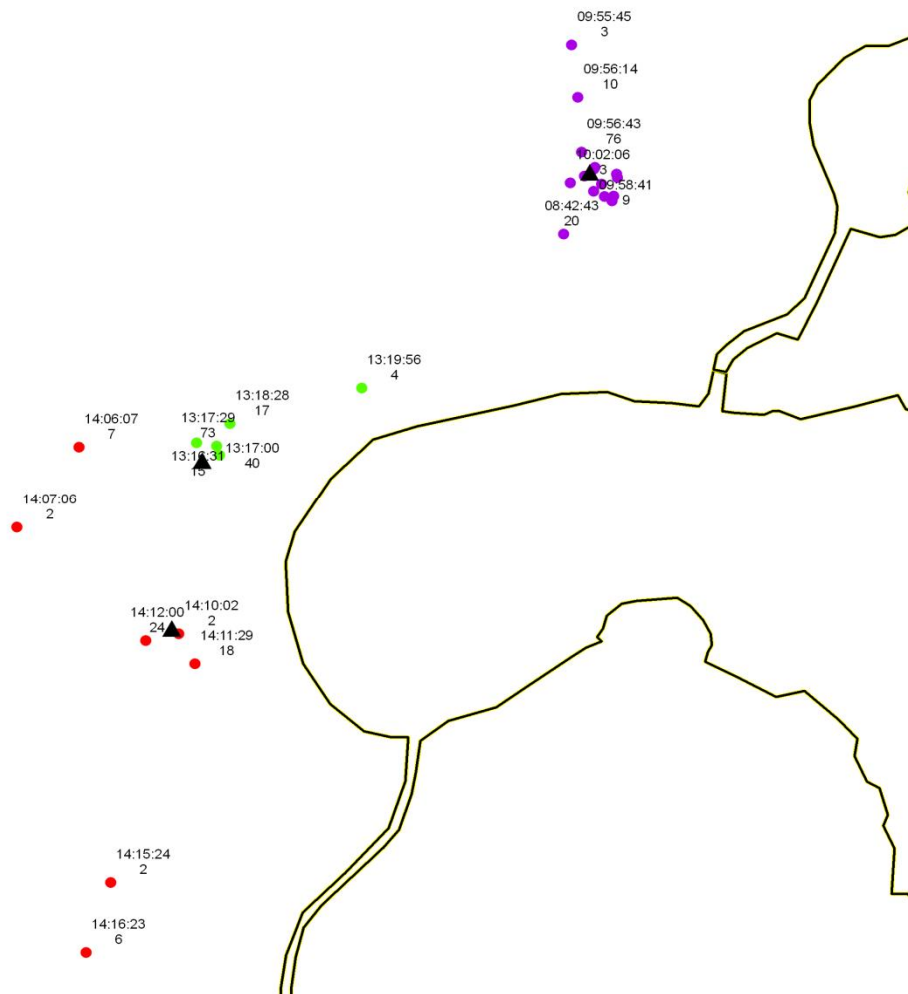
Figuur B-2.4 Het percentage van gezenderde vogels dat gedetecteerd kon worden op de daaropvolgende dagen na het uitrusten met een zender. Opvallend is het verschil in lengte tussen 2009 en 2010 en dan met name de grote sterns in 2010.

Daarnaast hadden we in 2010 zeer veel last van ruis op de frequentie van de gebruikte zenders. Hierdoor is de hoeveelheid data die is opgeslagen door de ontvangers van een stuk kleinere omvang dan in 2009. Storing trad vooral op in de monding van de Westerschelde en rond de Maasvlakte en de monding van het Haringvliet. Helaas bleek deze storing ook soms uit te strekken tot de Vogelvallei kolonie waardoor daar ook op sommige dagen een minimale ontvangst was. De waarschijnlijke storingsbron is vermoedelijk zendapparatuur die gerelateerd is aan de zandhoppers actief zowel in het gebied van de Tweede Maasvlakte als

in de mondingen van de Westerschelde. Aangezien de vogels al met zenders rondvlogen toen we hier achter kwamen, waren geen aanpassingen aan frequenties meer mogelijk.

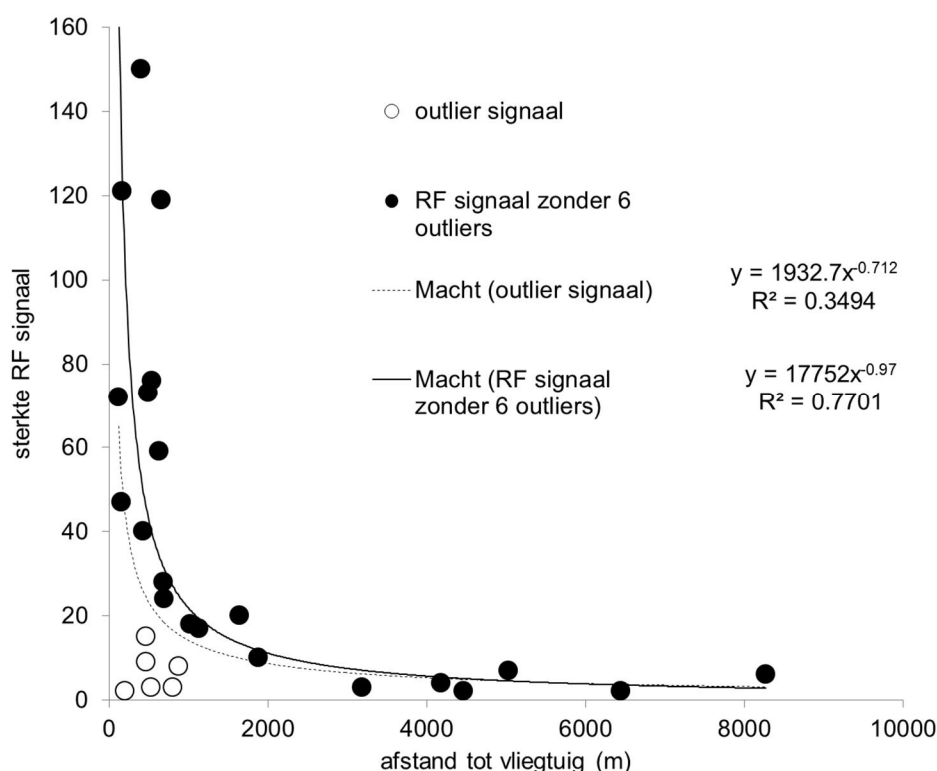
Nauwkeurigheid

Om het gebiedsgebruik van de sterns met behulp van radiozenders in kaart te brengen dienen we eerst te weten hoe nauwkeurig onze plaatsbepalingen zijn. Voorafgaand aan het veldonderzoek hebben we testen gedaan tot hoever de zenders door de ontvangers te traceren waren. Dit waren testen op de grond en onze bevindingen wezen op een afstand van 400 m. Bekend was uit ander onderzoek dat het bereik van een ontvanger bediend vanuit een vliegtuig groter zou kunnen zijn. In 2009 was het mogelijk om een idee te krijgen tot hoe ver de zenders op zee opgepikt konden worden met de ontvanger in het vliegtuig. Gedurende het seizoen 2009 kon drie maal een gezenderde vogel visueel opgepikt worden terwijl deze aan het rusten was op een zandplaat in de Voordelta, waardoor de exacte positie van de vogel bekend was (Figuur B-2.5). Van deze waarnemingen (n=27) is met behulp van GIS de precieze afstand bepaald van de locatie van de ontvanger tot het gezenderde individu. Op deze manier is een detectiecurve gemaakt van de signaalsterkte van de zenders en de afstand tot de ontvanger in een vliegtuig (Figuur B-2.6). Uit de Figuur is de te verwachten afnemende relatie tussen signaalsterkte en toenemende afstand af te lezen, maar deze is statistisch gezien zwak. Naast het beperkt aantal waarnemingen, is een belangrijkere reden dat tegen de verwachting in ook op kleine afstanden lage signaalsterktes zijn gemeten. Aangezien visueel is vastgesteld dat de vogels aan de grond zaten op platen denken we dat vooral de oriëntatie van het vliegtuig en de oriëntatie van de antenne (de antenne was in 2009 aan één kant van vliegtuig gemonteerd en naar achteren gericht) ten opzichte van de vogels een belangrijke rol in de ontvangststerkte van het signaal heeft gespeeld. Wanneer de 6 zogenaamde outliers worden verwijderd, verbetert de statistische relatie aanmerkelijk (Figuur B-2.6). De mediane afstand van alle geregistreerde waarneming betrof 690 m. 75% van de waarnemingen lag binnen de 1.800 m en 90% binnen de 4.700 m. Meer informatie over dit onderwerp wordt ook behandeld in Poot & Fijn (in prep).



Figuur B-2.5 Kaart van visuele waarnemingen waarvan een vliegtuiglog is boven de Bollen van de Ooster en een plaat voor de kop van Schouwen.

Daarnaast kan ook een analyse worden gedaan van alle waarnemingen vanuit het vliegtuig die tegelijkertijd ook in de kolonie worden gelogd. Dit geeft ook een indicatie van de afstand die een signaal kan afleggen. Op basis van de data van 2010 blijkt dat tot op een afstand van 2.850 meter signalen kunnen worden ontvangen. Dit zou betekenen dat vogels die bij de Haringvlietdam vissen worden gelogd in de kolonie op de Scheelhoek (afstand 2.400 m). Uit de gegevens blijkt dat dit niet vaak voorkomt waarschijnlijk doordat de Haringvlietdam zelf als een barrière fungeert voor het radiosignaal. Alleen bij het heen en weer vliegen worden vogels soms dubbel gelogd. Ook is de zendsterkte zenderspecifiek waardoor het voor een klein deel van de zenders mogelijk is dat een foeragerende vogel ook in de kolonie is gelogd. In 2010 is dit fenomeen voor het eerst waargenomen voor één zender. Dit probleem is voor de bepaling van de verspreiding van sterns op zee niet van groot belang omdat de onnauwkeurigheid van de meeste peilingen binnen de anderhalve kilometer ligt en deze schaal relatief gezien in het niet valt van de schaal van het studiegebied de Voordelta. In de kaarten met de peilingen van gezenderde vogels wordt dan ook puur de peillocatie vanuit het vliegtuig weergegeven. Het eventueel weergeven van een onzekerheids cirkel van bijvoorbeeld anderhalve kilometer voegt weinig informatie toe.



Figuur B-2.6 Relatie van de signaalsterkte (uitgedrukt als ratio signaal/ruis) van de radiopeiling met afstand tot het vliegtuig op basis van waarnemingen op drie verschillende dagen van dezelfde grote stern rustend op verschillende platen in de Voordelta in 2009. Relationship of the signal strength (expressed as the signal/noise ratio) of the tracking with the distance to the airplane, based on observations on three different days of the same Sandwich Tern resting on different sand flats in the Voordelta in 2009.

Effecten radiozenders en predatie

In het verleden werden nog wel eens negatieve effecten van het gebruik van radiozenders gerapporteerd (e.g. Wilson *et al.* 1986; Wanless *et al.* 1988) maar door de voortgaande technologische ontwikkelingen en daarmee verkleining van zenders worden in meer recente studies geen effecten meer aangetoond (e.g. Klaassen *et al.* 1992; Hiraldo *et al.* 1994; Irons 1998). In deze studie is ook gekeken naar eventuele effecten van de radiozenders en het werk in kolonies op het broedsucces en het gedrag van grote sterns. Een aantal broedsels van gezenderde vogels mislukten maar dit werd veroorzaakt door predatie door roofvogels en zwartkopmeeuwen, en tegelijkertijd mislukten ook veel broedsels waarvan de oudervogels niet werden gevangen door dezelfde reden. Het is dus de vraag of het mislukken te wijten is aan de 'normale' predatie ofwel aan de vangst en het zenderen van een oudervogel. Feit is dat er in beide seizoenen ook verschillende gezenderde vogels met vlieg vlugge kuikens zijn waargenomen (bij grote sterns minimaal 5 van de 15 vogels in 2009 en 3 van de 15 in 2010). Ook tijdens waarnemingen van vliegende en vissende vogels met zenders werd geen afwijkend gedrag geconstateerd en ook het vangstsucces leek niet minder dan sterns zonder zenders.

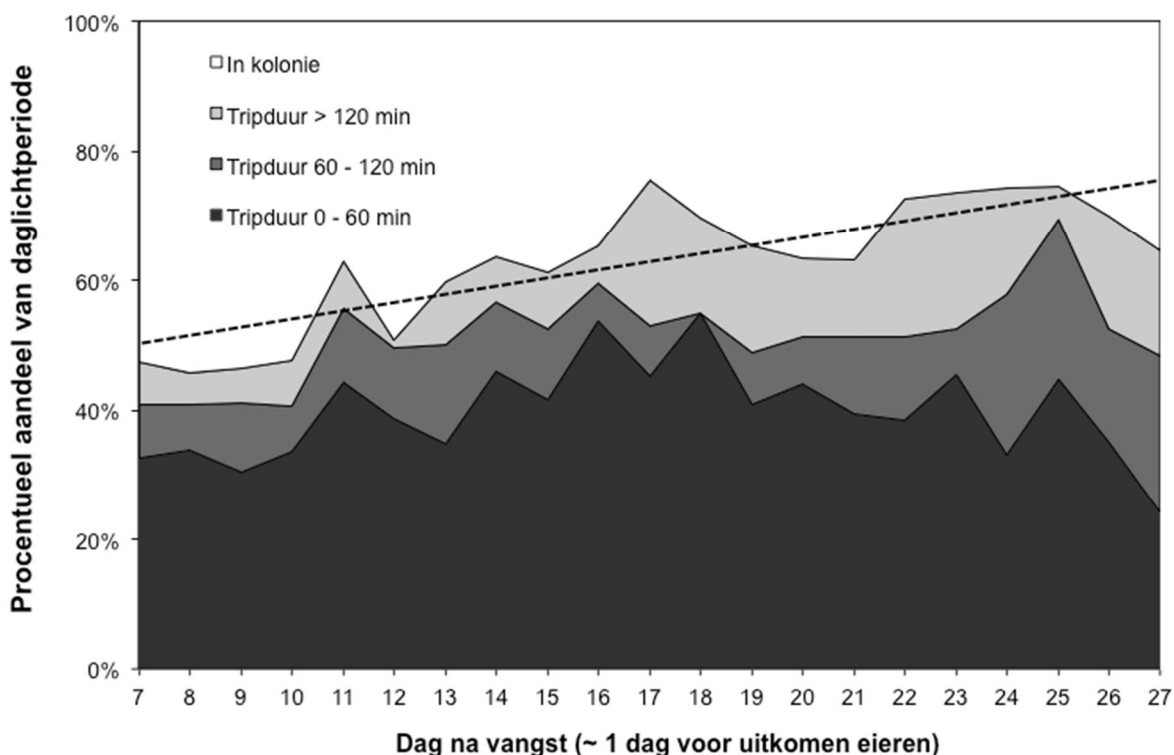
Mede door de zware predatiedruk door zwartkopmeeuwen mislukte in 2009 een groot aantal broedsels van gezenderde grote sterns op de Scheelhoek. Deze vogels met mislukte broedsels bleken gebruik te maken van de platen in het gebied zoals de Bollen van de Ooster, voor de kop van Schouwen en voor de kust van Westkapelle. Na het broedseizoen ruiden grote sterns uit het Haringvliet langs de gehele Nederlandse kust met waarnemingen

op de Hoge Platen, en op de stranden in IJmuiden, Camperduin, Texel en Ameland (Fijn *et al.* 2011). Vogels met mislukte broedsels beginnen eerder aan hun zwerftochten en werden waargenomen in de UK en Denemarken (Fijn *et al.* 2011).

Aan- en afwezigheid van grote sterns in kolonie; indicaties voor het foerageergedrag op zee

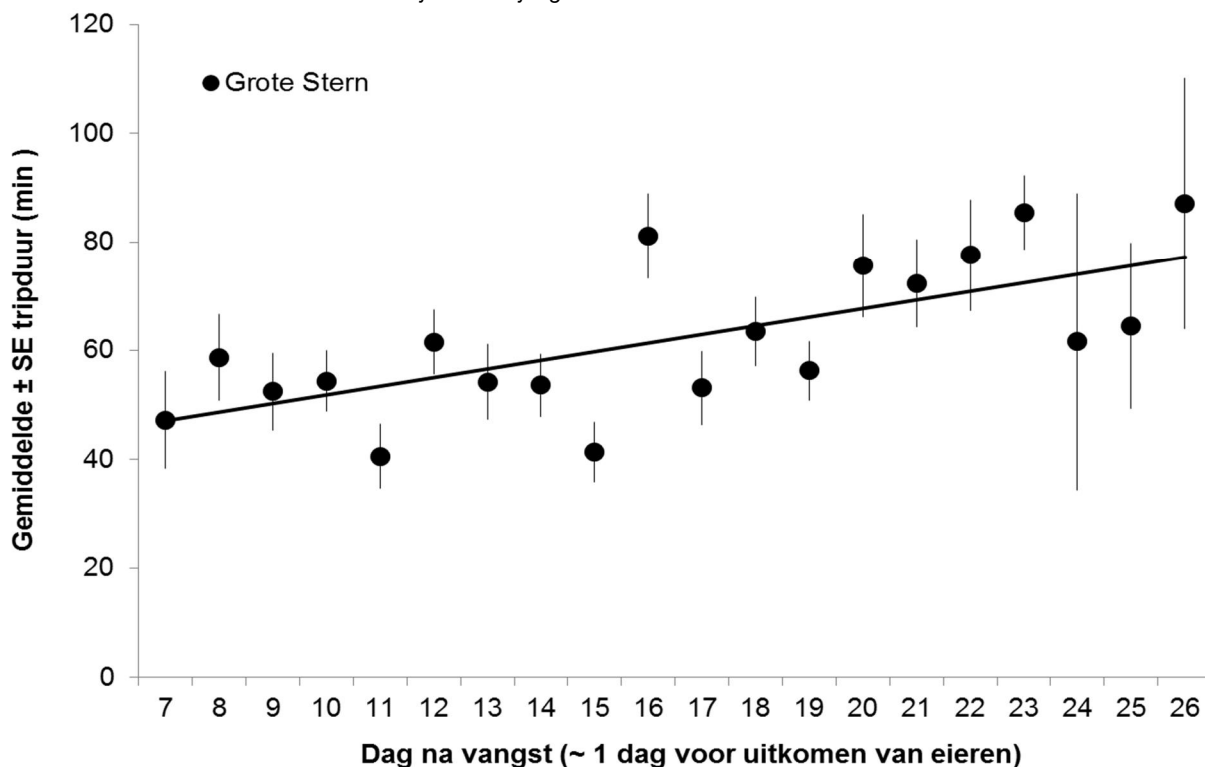
De gegevens die de automatische stations in de kolonie hebben opgeslagen zijn een welkome aanvulling op de schaarsere gegevens verzameld op zee vanuit het vliegtuig. De automatische ontvangers dienden er in de eerste plaats voor om te controleren of de vogels nog een zender hadden en normaal gedrag vertoonden met afwisselende perioden van aan- en afwezigheid in de kolonie. Zo gauw het kuiken uit het ei is moeten de ouders continu de afweging maken om op zee te gaan foerageren of om bij het kuiken te blijven. De aan- en afwezigheid van grote sterns in de kolonie is dus een indicatie voor het foerageergedrag op zee.

Uit de zenderdata bleek dat gezenderde grote sterns gemiddeld $63 \pm 10\%$ (range: 46–76, $n = 13$) van de tijd weg van de kolonie waren. Na een eerste week, waarin de afwezigheid van de broedlocatie afwijkend hoog was mogelijk door het vangen en zenderen, nam in de loop van het broedseizoen het aandeel van de dag dat ouders afwezig waren significant toe (toename van 1,3% per dag $F_{1,20} = 37,755$, $R^2 = 0,665$, $p < 0,001$, Figuur B-2.8). Dit kwam vooral doordat de vogels langere (> 1 uur) tochten gingen maken, terwijl het aandeel tochten van minder dan een uur gelijk bleef. In lijn hiermee nam in de loop van het broedseizoen de tripduur van grote sterns toe ($F_{1,20} = 15,462$, $R^2 = 0,462$, $p < 0,001$, Figuur B-2.9). Echter, het aantal tochten nam na een optimum richting het einde van het seizoen af (Figuur B-2.10). Een verklaring is dat aan het einde van het seizoen de voedselbehoefte van de kuikens dermate hoog is dat er grotere vissen aan moeten worden gevoerd door de ouders in lijn met waarnemingen in de enclosures en met eerdere studies (e.g. Stienen *et al.* 2000).

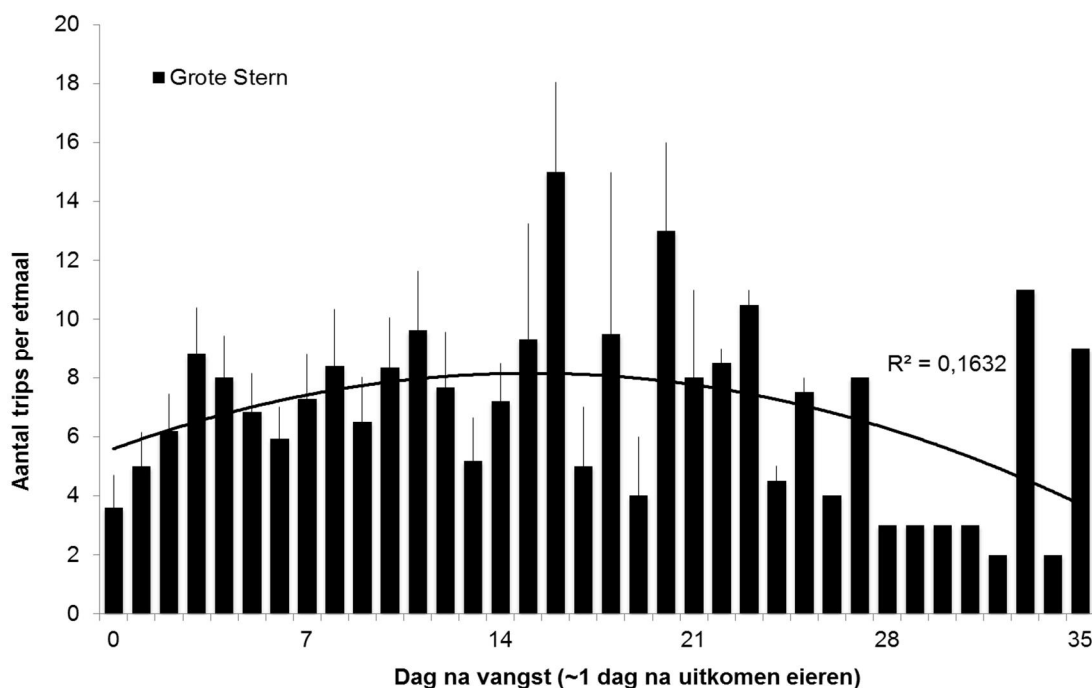


Figuur B-2.8

Lineaire afname van procentueel aanwezigheid van grote sterns in de kolonie op de Scheelhoek in de loop van het broedseizoen door een toename van langere foerageertochten (> 1 uur). De x-as is te lezen als leeftijd van de jongen.



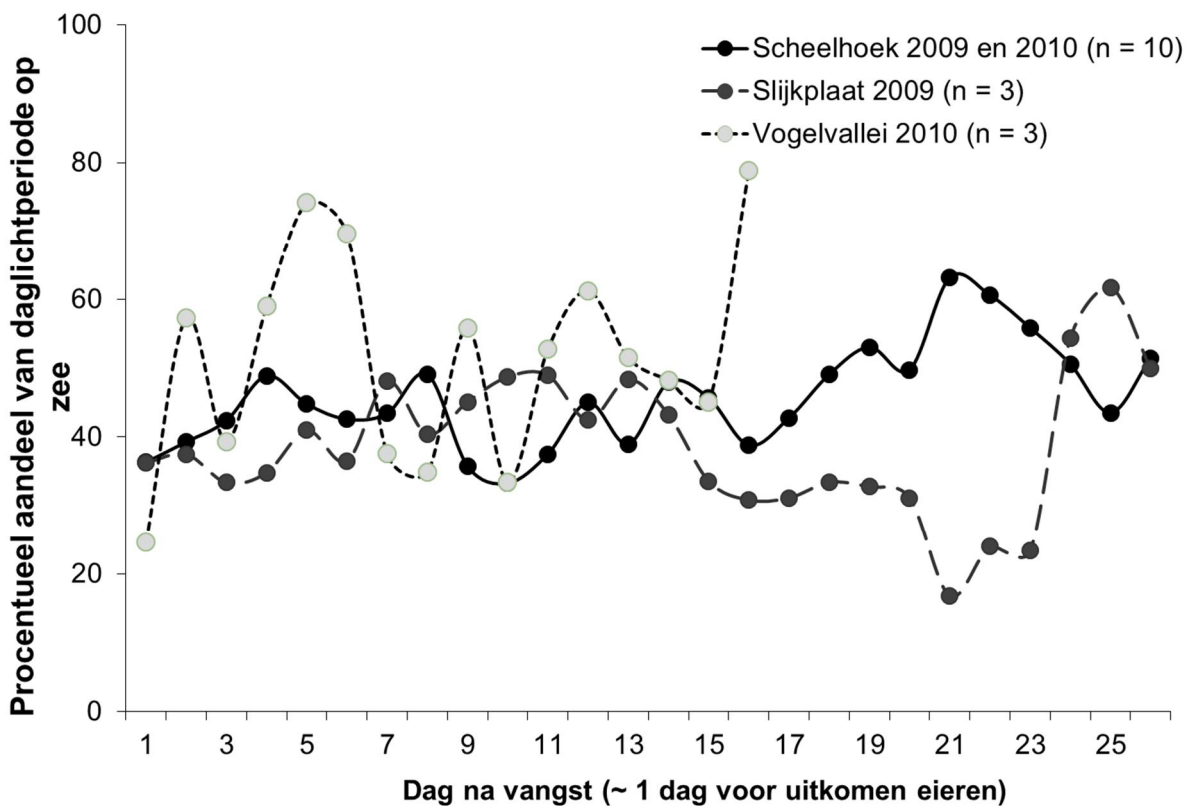
Figuur B-2.9 Toename van gemiddelde tripduur \pm SE van grote sterns uit de kolonie op de Scheelhoek in de loop van het broedseizoen. Om de vogels onderling te vergelijken is dit voor elke vogel uitgedrukt als het aantal dagen na de vangst, die plaatsvond op het moment dat de eieren op uitkomen stonden. De x-as is te lezen als leeftijd van de jongen.



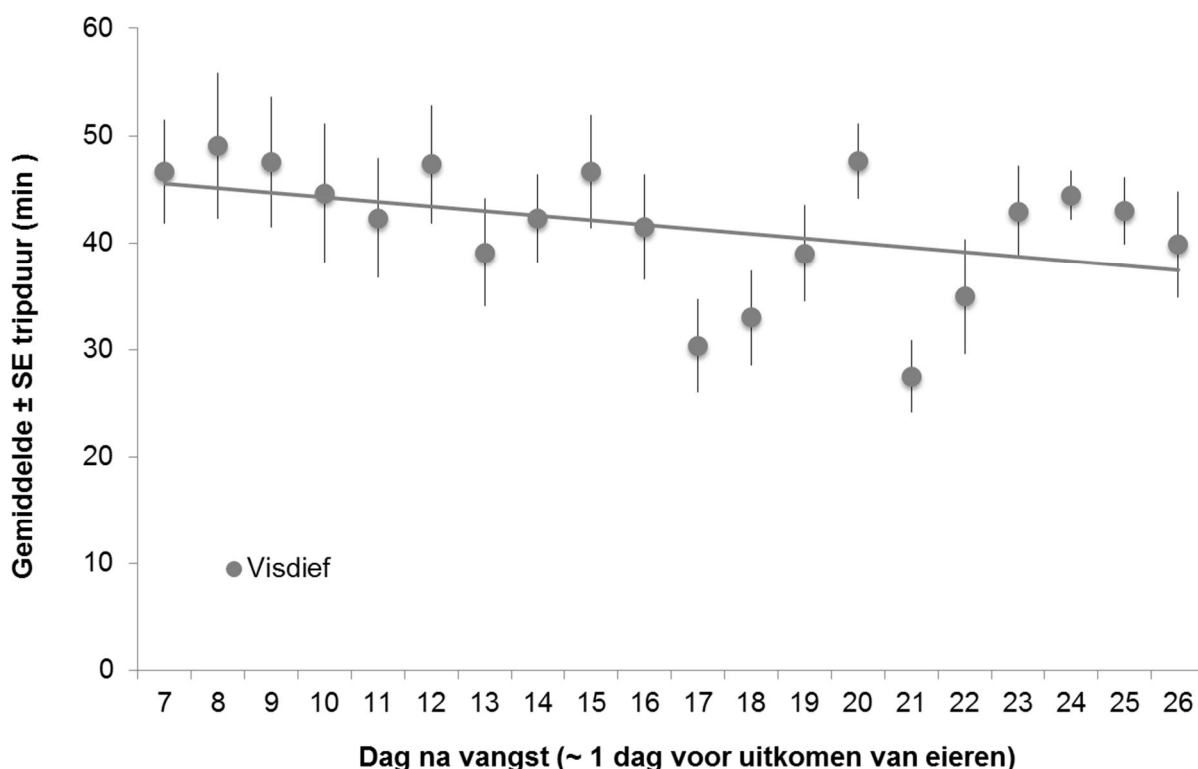
Figuur B-2.10 Aantal foerageertochten per etmaal van grote sterns uit de kolonie op de Scheelhoek in de loop van het broedseizoen (non-lineaire regressie (optimum curve)). De x-as is te lezen als leeftijd van de jongen.

Aan- en afwezigheid van visdieven in kolonie; indicaties voor het foerageergedrag op zee

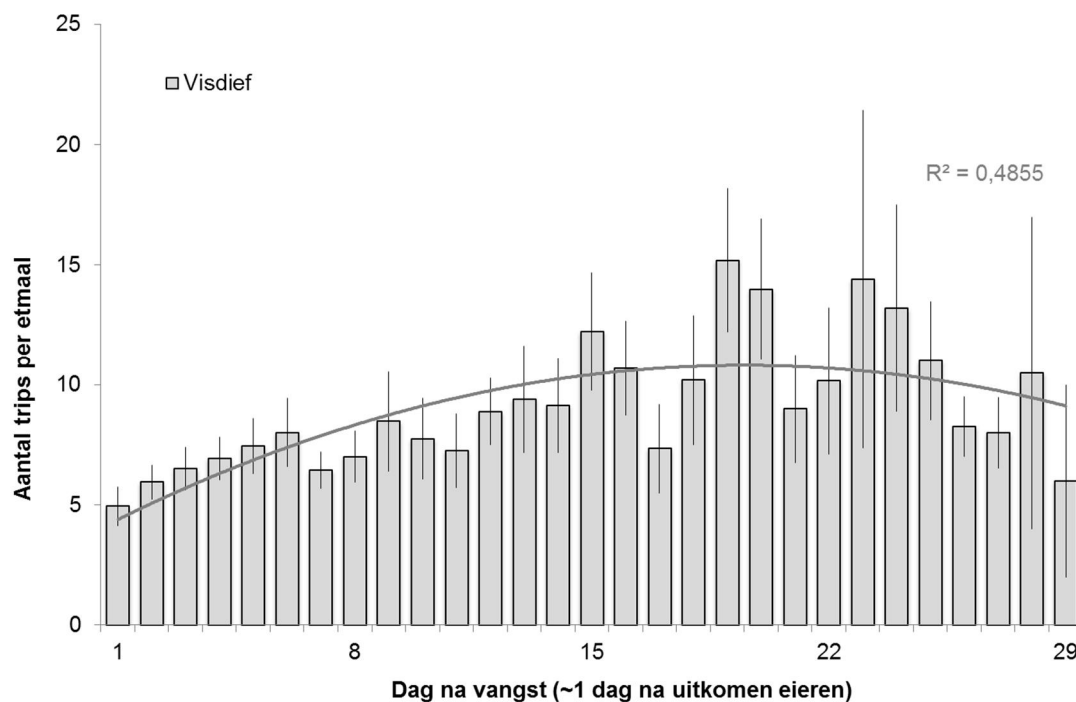
Uit de zenderdata bleek dat visdieven gemiddeld 49 ± 13 % (range: 33 – 94, $n = 16$) van de tijd bij hun jong aanwezig zijn. Dit percentage steeg minimaal tijdens het opgroeien van de jongen (toename van 0,3% per dag; $F_{1,25} = 12,988$, $R^2 = 0,351$, $p < 0,01$). Opvallend was het grote verschil tussen de verschillende kolonies. Op de Scheelhoek nam dit percentage licht toe tijdens het broedseizoen (toename van 0,6% per dag; $F_{1,25} = 13,076$, $R^2 = 0,353$, $p < 0,01$, Figuur B-2.12), terwijl op de Slijkplaat en in de Vogelvallei geen toe of afname werd vastgesteld (SP: $F_{1,25} = 0,022$, $R^2 = 0,001$, $p = \text{n.s.}$; VV: $F_{1,25} = 0,832$, $R^2 = 0,056$, $p = \text{n.s.}$, Figuur B-2.12). Zowel op de Scheelhoek als op de Slijkplaat lag het gemiddelde percentage aanwezigheid hoger dan in de Vogelvallei (Figuur B-2.12). Klaarblijkelijk moesten de vogels in de Vogelvallei harder werken, ook in het begin, om hun kuikens te voeren. Uiteindelijk is door predatie deze kolonie niet succesvol geweest en na twee weken waren alle kuikens verlaten. De vogels op de Scheelhoek en Slijkplaat besteden ongeveer evenveel tijd buiten de kolonie, echter laat in het seizoen besteden de vogels van de Slijkplaat veel minder tijd aan trips buiten de kolonie, mogelijk doordat de voedselbeschikbaarheid dichtbij de kolonie in het Haringvliet verandert. Bij de visdieven op de Scheelhoek veranderde de tripduur niet in de loop van het seizoen ($F_{1,20} = 3,837$, $R^2 = 0,176$, $p = \text{n.s.}$; Figuur B-2.13) en stijgt het aantal tochten naar een maximum en vakt dan af (Figuur B-2.14).



Figuur B-2.12 Procentuele aanwezigheid van visdieven in de kolonie op de Scheelhoek (2009 & 2010), Slijkplaat (2009) en Vogelvallei (2010) in de loop van het broedseizoen. De x-as is te lezen als leeftijd van de jongen.



Figuur B-2.13 Gelijkblijvende gemiddelde tripduur \pm SE van visdieven uit de kolonie op de Scheelhoek in de loop van het broedseizoen. Om de vogels onderling te vergelijken is dit voor elke vogel uitgedrukt als het aantal dagen na de vangst, die plaatsvond op het moment dat de eieren op uitkomen stonden. De x-as is te lezen als leeftijd van de jongen.



Figuur B-2.14 Aantal foerageertochten per etmaal van visdieven uit de kolonie op de Scheelhoek in de loop van het broedseizoen (non-lineaire regressie (optimum curve)).

Literatuur

- Adams, J. & J.Y. Takekawa, 2008. At-sea distribution of radio-marked Ashy Storm-petrels *Oceanodroma homochroa* captured on the California Channel Islands. *Marine Ornithology* 36(1): 9-17.
- Anderson, S.K., Roby, D.D., Lyons, D.E., Collis, K. 2005. Factors affecting chick provisioning by Caspian Terns nesting in the Columbia River Estuary. *Waterbirds* 28(1): 95-105.
- Bugoni L., Cormons T.D., Boyne A.W. & Hays H. 2005. Feeding grounds, daily foraging activities and movements of Common Terns in Southern Brazil determined by radio-telemetry. *Waterbirds* 28(4): 468-477.
- Fijn R.C., Wolf P.W., Courstens W., Poot M.J.M. & Stienen E.W.M. 2011. Dispersie na het broedseizoen, trek en overwintering van grote Sterns *Thalasseus sandvicensis* uit de Voordelta. *Sula* 24(3): 121-135.
- Hiraldo F., Donázar J.A. & Negro J.J. 1994. Effects of Tail-Mounted Radio-Tags on Adult Lesser Kestrels. *Journal of Field Ornithology* 65: 466-471.
- Irons D.B. 1998. Foraging area fidelity of individual seabirds in relation to tidal cycles and flock feeding. *Ecology* 79:647-655.
- Klaassen M., Becker P.H. & Wagener M. 1992. Transmitter loads do not affect the daily energy expenditure of nesting Common Terns. *Journal of Field Ornithology* 63:181-185.
- Perrow M.R., Skeate E.R., Lines P., Brown D. & Tomlinson M.L. 2006. Radio telemetry as a tool for impact assessments of wind farms: the case of Little Terns *Sterna albifrons* at Scroby Sands, Norfolk, UK. *Ibis* 148: 57-75.
- Poot, M.J.M. & R.C. Fijn, in prep. Radiotelemetrie bij sterns in de Voordelta: onderzoek naar gebiedsgebruik in verband met de natuurcompensatie voor de Tweede Maasvlakte. In prep voor *Limosa* special issue.
- Stienen, E.W.M., van Beers P.W.M., Brenninkmeijer A., Habraken J.M.P.M., Raaijmakers M.H.J.E. & van Tienen P.G.M. 2000. Reflections of a specialist: patterns in food provisioning and foraging conditions in Sandwich Terns *Sterna sandvicensis*. *Ardea* 88: 33-49.
- Wanless S., Harris M.P. & Morris J.A. 1988. The effect of radiotransmitters on the behavior of Common Murres and Razorbills during chick-rearing. *Condor* 90: 816-823.
- Wilson R.P., Grant W.S. & Duffy D.C. 1986. Recording devices on free-ranging marine animals: Does measurement affect foraging performance? *Ecology* 67: 1091-1093.
- Wilson, L.J., C.A. McSorley, C.M. Gray, B.J. Dean, T.E. Dunn, A. Webb & J.B. Reid, 2009. Radio-telemetry as a tool to define protected areas for seabirds in the marine environment. *Biological Conservation* 142: 1808-1817.

BIJLAGE 3: Prestaties, nauwkeurigheid en effecten van GPS-loggers

Tabel B-3.1 Overzicht van instellingen van loggers en bijbehorende verwachtingen in 2012.

Datum	Logger t = tape h = harnas	Werktijd en interval	Verwachten	Aantal tracks compleet (c) incomplete (i)
23-05-2012	10 (t)	GMT 04:00-20:00, delay 12 hr, 5 min	Data voor 24 en 25 mei elke 5 min.	4 (c), 1 (i)
23-05-2012	11 (t)	GMT 04:00-20:00, delay 12 hr, 5 min	Data voor 24 en 25 mei elke 5 min.	4 (c), 3 (i)
24-05-2012	14 (t)	GMT 04:00-20:00, delay 0 hr, 5 min	Data voor 24 en 25 mei elke 5 min.	0 (c), 0 (i)
24-05-2012	15 (t)	GMT 05:00-08:00, delay 0 hr, 5 min	Data voor korte ochtenden van 25 mei tot 8 juni elke 5 min.	0 (c), 1 (i)
24-05-2012	16 (t)	GMT 05:00-08:00, delay 0 hr, 10 min	Data voor korte ochtenden van 25 mei tot 15 juni elke 10 min.	0 (c), 0 (i)
05-06-2012	2 (t)	GMT 04:00-16:00, delay 24 hr, 5 min	Data voor 6, 7 en 8 juni elke 5 min tijdens eerste helft van dag.	0 (c), 0 (i)
05-06-2012	3 (t)	GMT 10:00-20:00, delay 12 hr, 5 min	Data voor 6, 7 en 8 juni elke 5 min tijdens tweede helft van dag.	0 (c), 2 (i)
11-06-2012	4 (h)	GMT 04:00-10:00, delay 12 hr, 5 min	Data voor 12, 13 en 14 juni elke 5 min tijdens de ochtend.	6 (c), 3 (i)
11-06-2012	6 (h)	GMT 04:00-10:00, delay 24 hr, 5 min	Data voor 13, 14 en 15 juni elke 5 min tijdens de ochtend.	0 (c), 4 (i)
11-06-2012	7 (h)	GMT 04:00-07:00, delay 12 hr, 5 min	Data voor 13 tot en met 18-06 elke 5 min in de vroege ochtend.	1 (c), 7 (i)
27-05-2013	3 (h)	GMT 06:00-18:00, delay 48 hr, 5 min	Data voor 29 mei – 1 juni, elke 5 min.	0 (c), 0 (i)
27-05-2013	21 (h)	GMT 06:00-18:00, delay 48 hr, 5 min	Data voor 29 mei – 1 juni, elke 5 min.	0 (c), 0 (i)
28-05-2013	24 (h)	GMT 04:00-19:00 delay 0 hr, 15 min	Logger met zonnepaneel dus een heel jaar fixen per 15 min.	46 (c), 0 (i)*, #
28-05-2013	15 (h)	GMT 04:00-19:00 delay 0 hr, 15 min	Logger met zonnepaneel dus een heel jaar fixen per 15 min.	0 (c), 0 (i)#
28-05-2013	16 (h)	GMT 04:00-19:00 delay 0 hr, 15 min	Logger met zonnepaneel dus een heel jaar fixen per 15 min.	0 (c), 0 (i)#
03-06-2013	11 (h)	GMT 06:00-18:00 delay 48 hr, 5 min	Data voor 5 – 8 juni, elke 5 min.	1 (c), 7 (i)
03-06-2013	14 (h)	GMT 06:00-18:00 delay 48 hr, 5 min	Data voor 5 – 8 juni, elke 5 min.	10 (c), 5 (i)
10-06-2013	4 (h)	GMT 06:00-18:00 delay 48 hr, 5 min	Data voor 12 – 15 juni, elke 5 min.	0 (c), 1 (i)
10-06-2013	26 (h)	GMT 06:00-18:00 delay 48 hr, 5 min	Data voor 12 – 15 juni, elke 5 min.	1 (c), 7 (i)
25-06-2013	7 (h)	GMT 06:00-18:00 delay 12 hr, 5 min	Data voor 26 – 29 juni, elke 5 min.	0 (c), 0 (i)

* Op een laag interval waardoor de analyse potentie voor deze loggers voor voedsel ecologische parameters laag is. Gegevens uitsluitend geschikt voor studie van habitatkeuze.

Potentieel kunnen data uitgelezen worden in het broedseizoen van 2014. *GPS-logger prestaties*

Net als de met lijm geplakte radiozenders bleken ook de GPS-loggers die met tape worden bevestigd makkelijk te worden verwijderd door grote sterns. In het geval van de radiozenders werd er net zo lang aan de zender getrokken totdat hij los kwam. In het geval van de tape beten de sterns de veren door waaraan de loggers bevestigd waren. Hierdoor vielen de veren met logger en al af, een fenomeen dat eerder al eens bij aalscholvers en meeuwen is beschreven (Fijn *et al.* 2012; Kotzerka *et al.* 2010). Hierdoor is uiteindelijk gekozen voor het gebruik van een flexibel harnas om de loggers te bevestigen.

Van de 17 vogels met GPS-loggers in 2012 en 2013 hebben 11 loggers posities doorgegeven aan de ontvangers in de kolonies. Tien hiervan waren bruikbaar voor analyse. Vier loggers zijn nog voor of tijdens de eerste tocht waarschijnlijk afgevallen dan wel verwijderd door de vogel zelf waardoor geen resultaten konden worden verkregen. Twee vogels met loggers zijn na de vangst uit de kolonie vertrokken en zijn nooit meer teruggekeerd. De loggers bevestigd met de tuigjes bleven allemaal goed zitten. Vier van de zeven vogels waarvan de logger met tape was bevestigd hebben geen data opgeleverd.

Nauwkeurigheid

GPS-loggers nemen GPS posities op een vast interval en slaan die op in een intern geheugen. Om de gemiddelde afwijking van een positie te bepalen zijn drie loggers op een vaste locatie neergelegd. De gemiddelde afwijking van posities bedroeg in die tijd $34 \pm 57,8$ m (range: 0,6 – 1609, $n = 1894$ posities). De gemiddelde positie van deze punten lag op 28 m van de werkelijke locatie van de loggers. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze calibratie test gedaan is in een stad, dichtbij gebouwen. Naar alle waarschijnlijkheid is de nauwkeurigheid in het open veld (veel) groter.

Effecten van GPS-loggers

Uiteraard brengt het vangen en zenderen van vogels altijd enige gevolgen met zich mee voor deze dieren. Na vangst wordt vaak eerst het verenkleed verzorgd in de nabijheid van de kolonie. Sommige vogels vliegen ook gelijk naar zee (waarnemingen R. Fijn, M. Poot, W. Courtens). De rest van de zenderdag lijken de gevangen vogels uit hun normale ritme en wordt weinig vis aangevoerd (waarnemingen W. Courtens, H. Verstraete). In de daarop volgende dagen, als de loggers actief zijn, wordt het normale ritme weer aangenomen en verblijven vogels regelmatig in de kolonie (Figuur B-3.1) en komen ook met vis aan. Op basis van de GPS-loggergegevens is moeilijk te achterhalen of de aanwezigheid van de loggers van invloed is geweest op het foerageergedrag van sterns. Aangezien vogels tot ver weg vliegen en succesvol voedsel terugbrengen naar de kolonie mag worden verondersteld dat de loggers beperkte negatieve effecten hebben gehad op het presteren van de vogels. Onbekend blijft wat de vangstefficiëntie is van vogels met loggers ten opzichte van dieren zonder, maar wij hebben, mede op basis van de vergelijkingen van de opgroeiconditie van de jonge vogels per loggervogel met de groei van de gehele kolonie, in ieder geval geen aanwijzingen dat deze aantoonbaar negatief wordt beïnvloed.

Van de 10 gevangen vogels in 2012 zijn 2 kuikens tijdens het seizoen in de enclosure overleden. Eén van de kuikens is uit de enclosure gezet wegens een zeer slechte conditie en is dus waarschijnlijk ook overleden. Een uitvliegssucces van 70% is boven het gemiddelde uitvliegssucces van kuikens in de enclosure (54%). Eventuele inschattingen van gevolgen van de loggers op het foerageergedrag, rustgedrag en broedsucces van de gevangen grote sterns worden in de verschillende deel onderdelen in meer detail besproken.

Van de 7 gevangen vogels in 2013 zijn minimaal 5 kuikens tijdens het seizoen in de enclosure overleden. Dit is een hoger percentage dan het gemiddelde uitvliegssucces van

kuikens in de enclosure (XX%). In het bijzonder in het begin van het seizoen bleken de vogels zeer schrikachtig na vangst en door de slechtere conditie van de ouders in 2013 (alle vogels veel lager gemiddeld gewicht dan in 2012), bleken veel vogels hun broedsel in de steek te laten. Of het vroegtijdig verlaten dus aan het aanbrengen van loggers heeft gelegen is twijfelachtig. Feit is wel dat in 2013 de vogels minder 'geschikt' waren voor zenderonderzoek en daarom is ook na enkele vangpogingen besloten niet verder te gaan, waardoor niet alle geplande vogels zijn gevangen.



Figuur B-3.1 GPS-logger (roze harnas) op grote stern BLAUW-N75 met kuiken. (Foto H. Verstraete)

In de maanden en jaren volgend op het broedseizoen waarin gezenderde vogels zijn gevangen, wordt een groot deel van de vogels teruggezien op overwinteringsplekken, op pleisterplaatsen tijdens de trek en in de broedkolonies (Fijn *et al.* 2011; Pim Wolf pers. meded). Allen bleken hun zenders en loggers verloren, zoals de bedoeling was, en leken in goede conditie te zijn. Over de verspreiding en overleving van deze vogels zijn enkele artikelen gemaakt en in de maak.

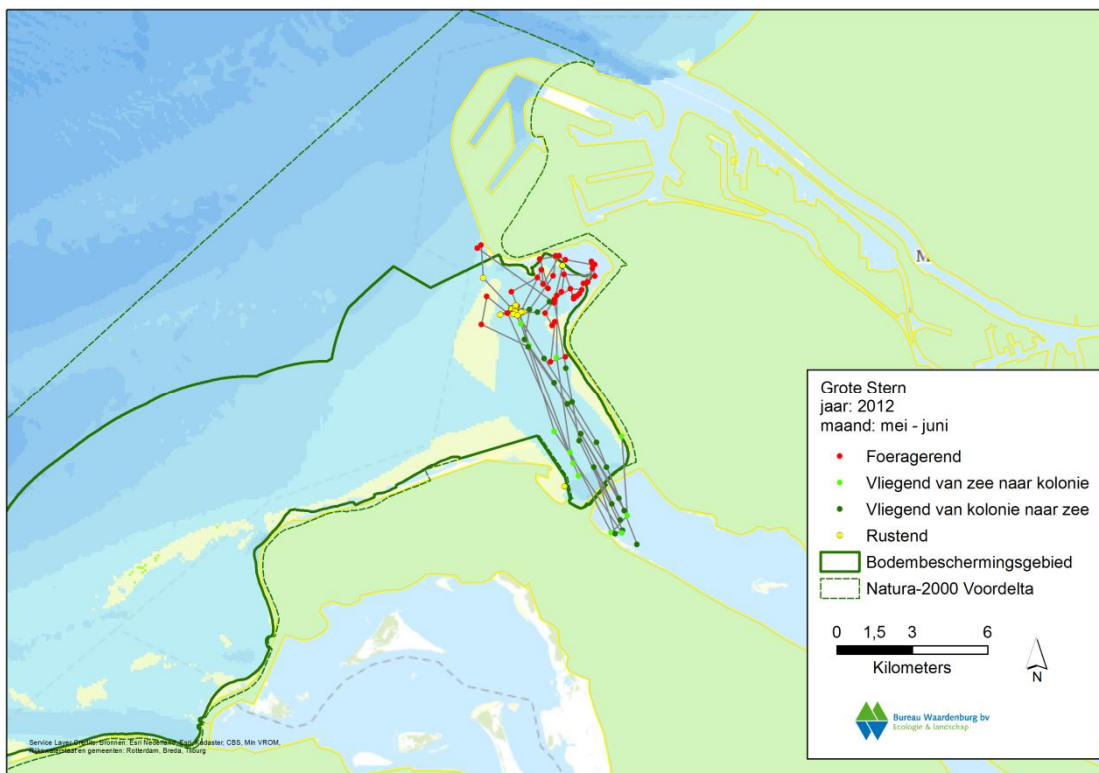
Literatuur

- Baptist, H. & Leopold, M.F. 2010. Prey capture success of Sandwich Terns *Sterna sandvicensis* varies non-linearly with water transparency. *Ibis* 152: 815-825.
- Fijn, R.C., Wolf, P.A., Courtens, W., Poot, M.J.M. & Stienen, E.W.M. 2011. Post-breeding dispersal, migration and wintering of Sandwich Terns *Thalasseus sandvicensis* from the southwestern part of the Netherlands. *Sula* 24: 121-135. [In Dutch, English summary and figure captions]
- Fijn, R.C., Boudewijn, T.J., Poot, M.J.M. 2012. Long-term attachment of GPS-loggers with tape on Great Cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* proved unsuitable from tests on a captive bird. *Seabird* 25: 54-60.
- Kotzerka, J., S. Garthe & S.A. Hatch, 2010. GPS tracking devices reveal foraging strategies of Black-legged Kittiwakes. *Journal of Ornithology* 151: 459-467.

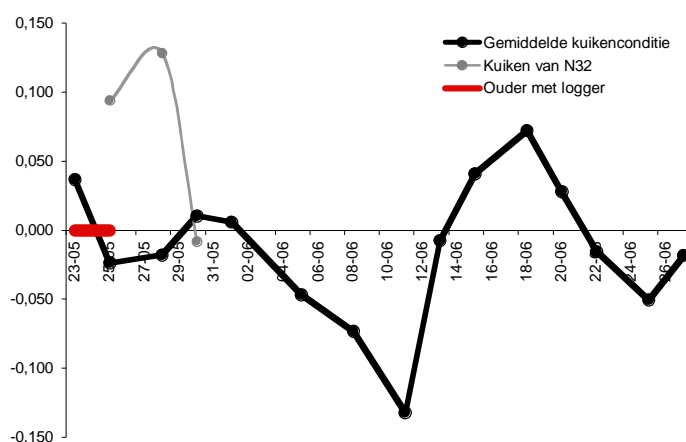
BIJLAGE 4: Detailinformatie grote sterns met GPS-loggers in 2012

Logger 10 - 2012

Logger 10 - 2012 was een mannetje met kleurring BLAUW-N32. Deze vogel heeft op 24 en 25 mei 2012 tijdens 5 tochten GPS posities opgeslagen (Figuur B-4.12). Hiervan waren er 4 compleet. De gemiddelde duur van zijn tochten waren 143 minuten over een afstand van gemiddeld 33 km (gem. 14 km/hr) waarbij de vogel maximaal 13,7 km van de kolonie verwijderd was. De door de GPS-logger bepaalde maximum snelheid was 54 km/hr. De berekende maximum snelheid tussen de punten was 60 km/hr. Twee van de tochten van deze vogel waren net buiten het bodembeschermingsgebied (bij de Slikken van Voorne). Alle tochten waren wel binnen het Natura-2000 gebied Voordelta. De vogel met logger 10 had op de twee dagen dat hij gevolgd kon worden een voorkeur voor het gebied rond de Hinderplaat. Van deze vogel zijn helaas geen voedselwaarnemingen gedaan in de kolonie. Tijdens de periode dat zijn ouder met een logger rond vloog ging de conditie van zijn kuiken sterk vooruit (Figuur B-4.13). De conditie van dit kuiken ging echter na 28 mei sterk achteruit en lag op 1 juni dood in de enclosure.



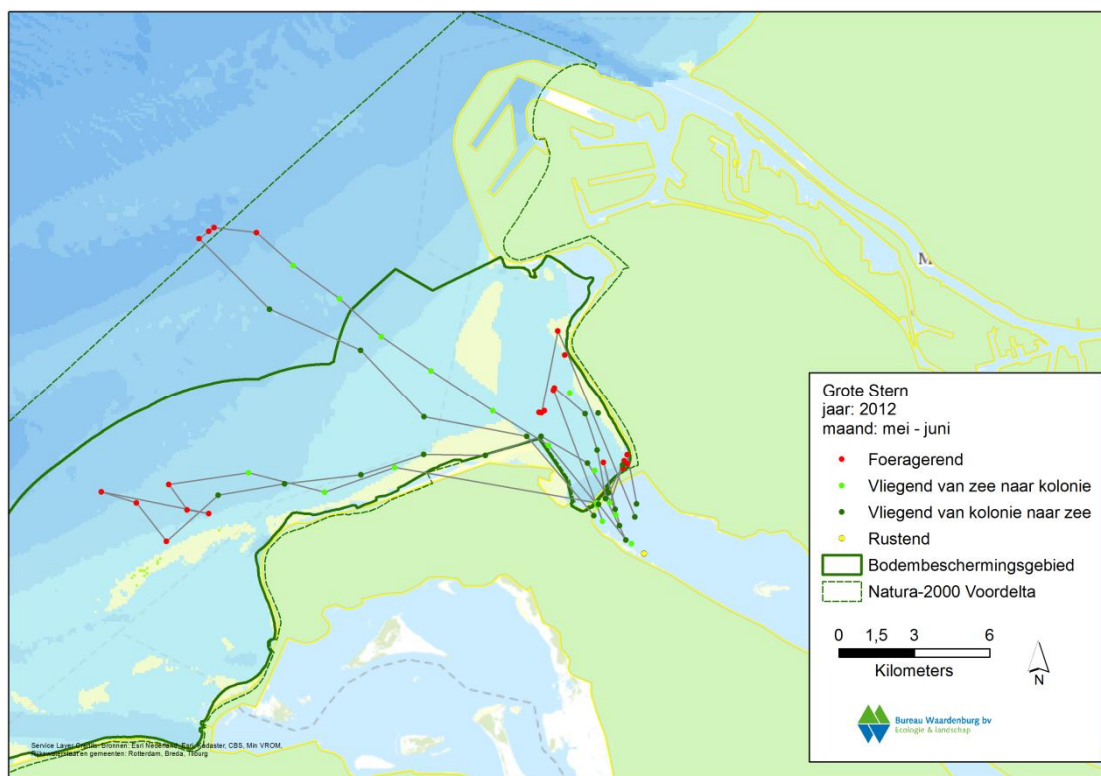
Figuur B-4.12 Kaart met alle vastgelegde tochten van de vogel met logger 10 - 2012.



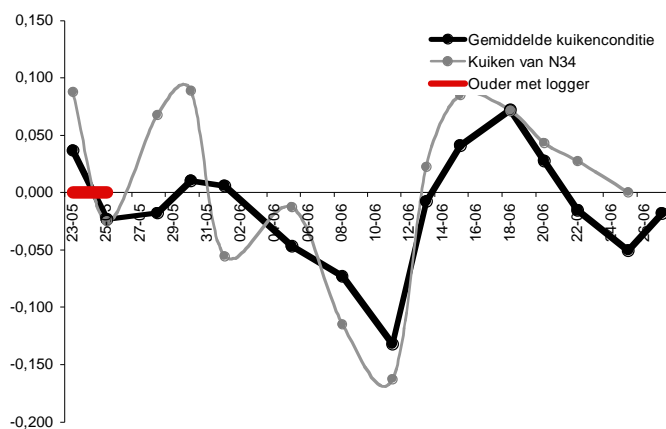
Figuur B-4.13 Kuiken conditie van kuiken van vogel N32 in de loop van het seizoen.

Logger 11 - 2012

Logger 11 - 2012 was een vrouwtje met kleurrijng BLAUW-N34. Deze vogel heeft op 24 en 25 mei 2012 tijdens 7 tochten GPS posities opgeslagen (Figuur B-4.14). Hiervan waren er 4 compleet. De gemiddelde duur van zijn tochten waren 50 minuten over een afstand van gemiddeld 23 km (gem. 28 km/hr) waarbij de vogel maximaal 21,5 km van de kolonie verwijderd was. De door de GPS-logger bepaalde maximum snelheid was 36 km/hr. De berekende maximum snelheid tussen de punten was 50 km/hr. Eén tocht van deze vogel ging tot buiten het bodembeschermingsgebied (in het zeegebied ten noordwesten van Goeree) maar alle tochten bleven wel binnen het Natura-2000 gebied Voordelta. De vogel met logger 11 had op de twee dagen dat hij gevolgd kon worden een voorkeur voor het zeegebied ten noorden en noordwesten van Goeree. Ook in het zuidelijk deel van de Hinderplaat zocht deze vogel naar voedsel evenals in de Haringvlietmonding. Van deze vogel zijn helaas geen voedselwaarnemingen gedaan in de kolonie. Het kuiken van deze vogel is met succes uitgevlogen en zijn conditie volgde in sterke mate de gemiddelde kuikenconditie van jongen in de kolonie (Figuur B-4.15). Tijdens de periode dat zijn ouder met een logger rond vloog ging de conditie van het kuiken wel achteruit maar dit was conform de andere kuikens in de kolonie (Figuur B-4.15).



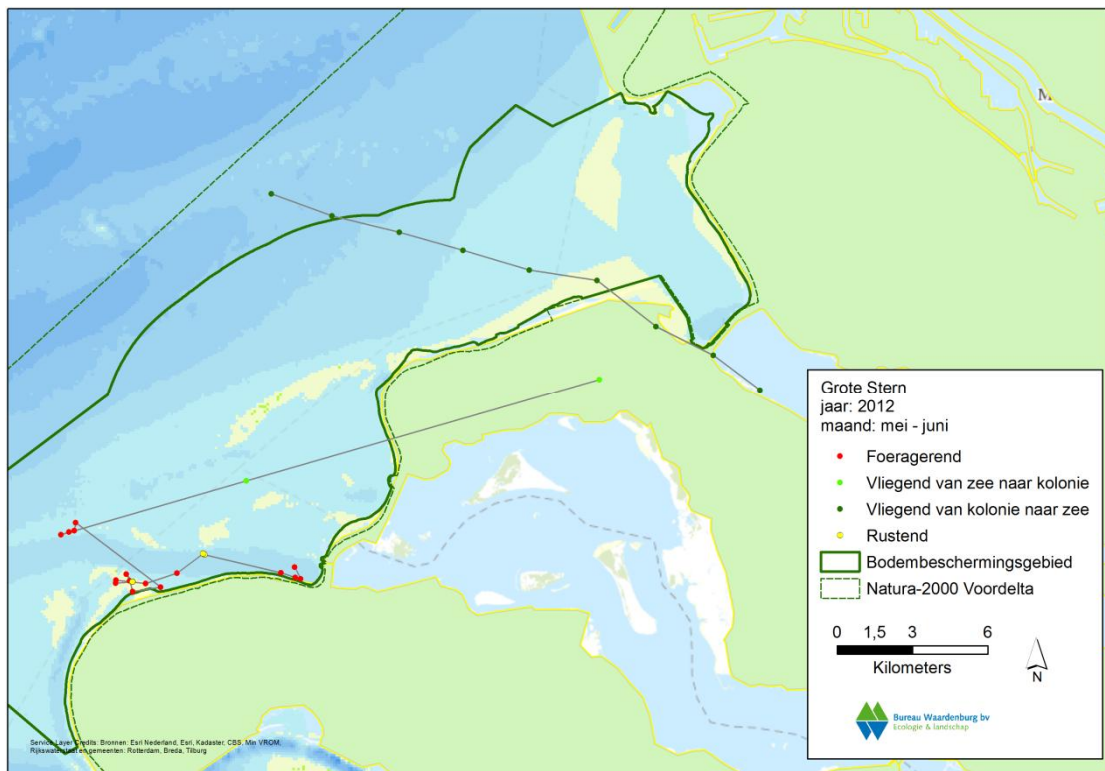
Figuur B-4.14 Kaart met alle vastgelegde tochten van de vogel met logger 11 - 2012.



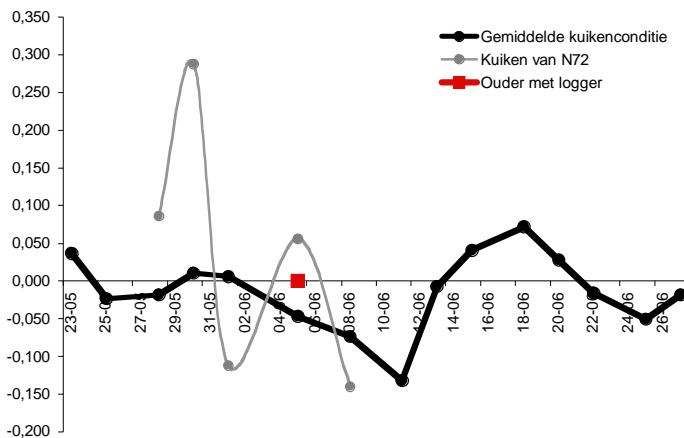
Figuur B-4.15 Kuiken conditie van kuiken van vogel N34 in de loop van het seizoen.

Logger 3 - 2012

Logger 3 - 2012 was een mannetje met kleurring BLAUW-N72. Deze vogel heeft op 6 juni 2012 tijdens 2 tochten GPS posities opgeslagen (Figuur B-4.16). Hiervan was er geen één compleet. De gemiddelde duur van zijn tochten waren 138 minuten over een afstand van gemiddeld 53 km (gem. 23 km/hr) waarbij de vogel maximaal 28,3 km van de kolonie verwijderd was. De door de GPS-logger bepaalde maximum snelheid was 52 km/hr. De berekende maximum snelheid tussen de punten was 88 km/hr. Alle tochten van deze vogel waren binnen het bodembeschermingsgebied en dus ook binnen het Natura-2000 gebied Voordelta. De vogel met logger 3 leek op de dag dat hij gevolgd kon worden een voorkeur te hebben voor het gebied rond de Verklipperplaat en het zeegebied ten noordwesten van Goeree. Deze vogel vloog beide keren over land terug naar de kolonie. Van deze vogel zijn helaas geen voedselwaarnemingen gedaan in de kolonie. Het kuiken van deze vogel lag op 11 juni dood in de enclosure (5 dagen na het zenderen). Tijdens de periode dat zijn ouder met een logger rond vloog ging zijn conditie wel achteruit maar dit was conform de ontwikkeling van andere kuikens in de kolonie (Figuur B-4.17). Wel is het zo dat zijn conditie niet meer op niveau terug kwam (het kuiken overleed).



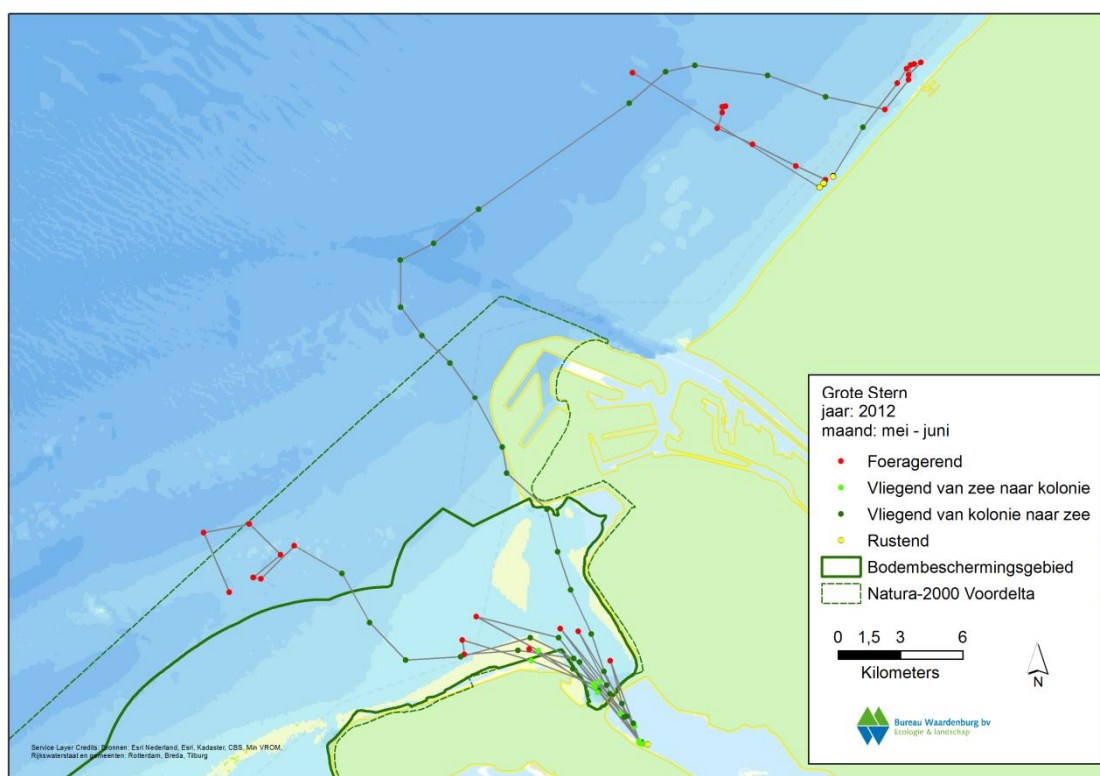
Figuur B-4.16 Kaart met alle vastgelegde tochten van de vogel met logger 3 - 2012.



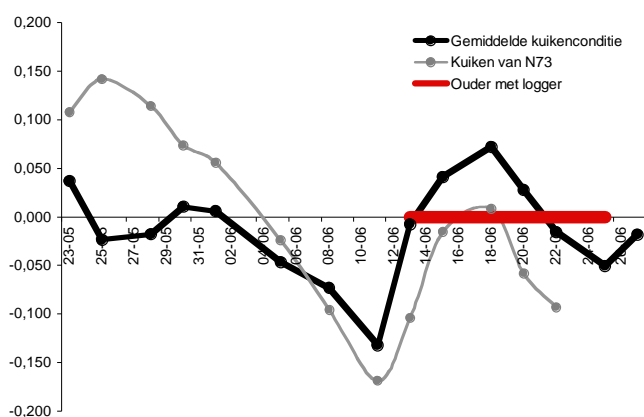
Figuur B-4.17 Kuiken conditie van kuiken van vogel N72 in de loop van het seizoen.

Logger 4 - 2012

Logger 4 - 2012 was een mannetje met kleurring BLAUW-N73. Deze vogel heeft op 12, 13 en 14 juni 2012 tijdens 9 tochten GPS posities opgeslagen (Figuur B-4.18). Hiervan waren er 6 compleet. De gemiddelde duur van zijn tochten waren 65 minuten over een afstand van gemiddeld 34 km (gem. 31 km/hr) waarbij de vogel maximaal 35,4 km van de kolonie verwijderd was. De door de GPS-logger bepaalde maximum snelheid was 44 km/hr. Deze vogel leek een voorkeur te hebben voor het zeegebied ten noorden en noordwesten van Goeree. Ook in het zuidelijk deel van de Hinderplaat zocht deze vogel naar voedsel evenals in de Haringvlietmonding. Drie tochten van deze vogel gingen buiten het Natura-2000 gebied Voordelta; twee keer naar het gebied ten noorden van de Nieuwe Waterweg tot in Scheveningen en één keer het zeegebied ten noordwesten van Goeree. De overige zes tochten bleven binnen de grenzen van het Natura 2000-gebied en daarbij bleef de vogel ook binnen het bodembeschermingsgebied. De berekende maximum snelheid tussen de punten was 53 km/hr. Van deze vogel zijn drie voedselwaarnemingen gedaan in de kolonie. Het kuiken van deze vogel is met succes uitgevlogen en zijn conditie volgde de gemiddelde kuikenconditie van jongen in de kolonie (Figuur B-4.19). Tijdens de periode dat zijn ouder met een logger rond vloog nam zijn conditie sterk toe conform de andere kuikens in de kolonie (Figuur B-4.19).



Figuur B-4.18 Kaart met alle vastgelegde tochten van de vogel met logger 4 - 2012.

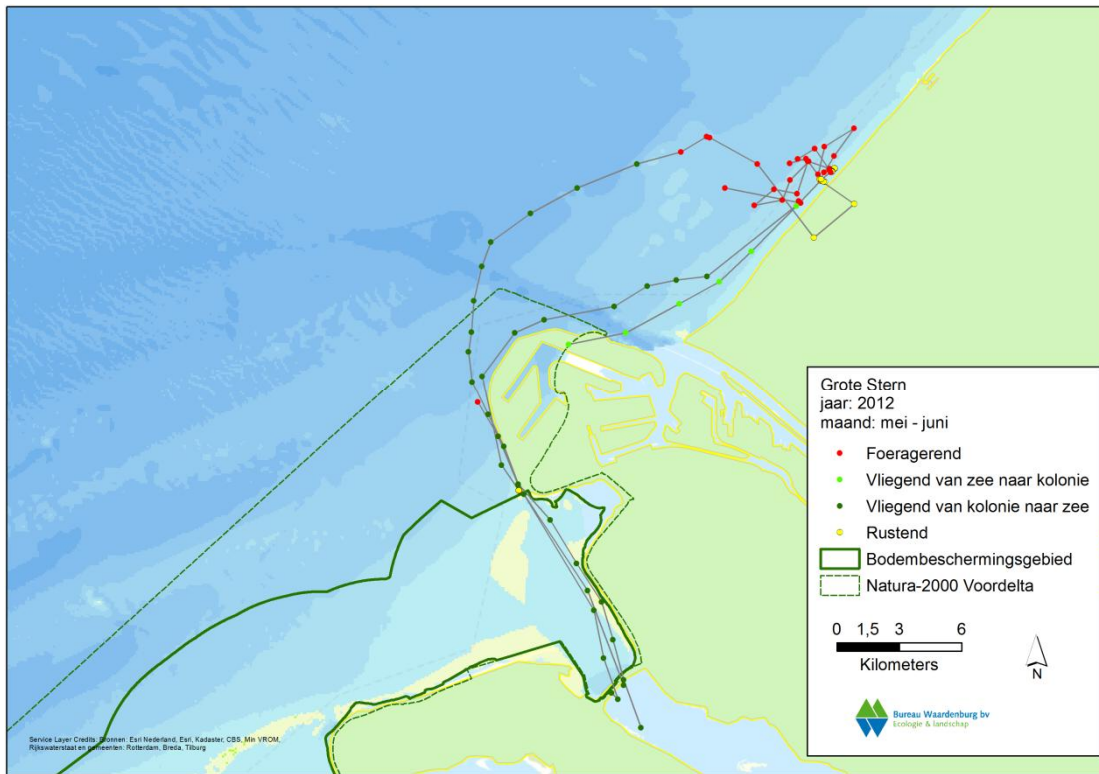


Figuur B-4.19 Kuiken conditie van kuiken van vogel N73 in de loop van het seizoen.

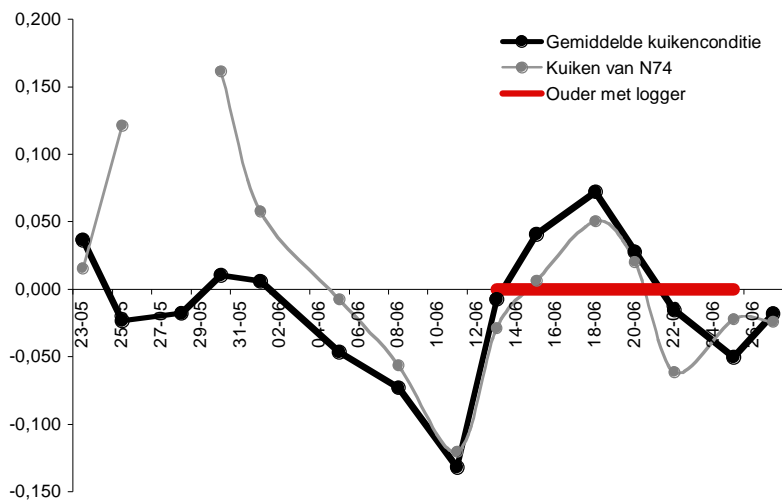
Logger 6 - 2012

Logger 6 - 2012 was een vrouwtje met kleurring BLAUW-N74. Deze vogel heeft op 13, 14 en 15 juni 2012 tijdens 4 tochten GPS posities opgeslagen (Figuur B-4.20). Hiervan was er geen één compleet. De gemiddelde duur van zijn tochten waren 173 minuten over een afstand van gemiddeld 64 km (gem. 22 km/hr) waarbij de vogel maximaal 31,0 km van de kolonie verwijderd was. De door de GPS-logger bepaalde maximum snelheid was 43 km/hr. De berekende maximum snelheid tussen de punten was 67 km/hr. Alle vier de tochten van deze vogel gingen buiten het bodembeschermingsgebied en drie daarvan ook nog buiten het Natura-2000 gebied Voordelta. Deze vogel ging tijdens die drie tochten telkens naar het gebied rond de Zandmotor. Van deze vogel zijn helaas geen voedselwaarnemingen gedaan in de kolonie. Het kuiken van deze vogel is met succes uitgevlogen en zijn conditie volgde de

gemiddelde kuikenconditie van jongen in de kolonie (Figuur B-4.21). Tijdens de periode dat zijn ouder met een logger rond vloog nam zijn conditie toe conform de andere kuikens in de kolonie (Figuur B-4.21).



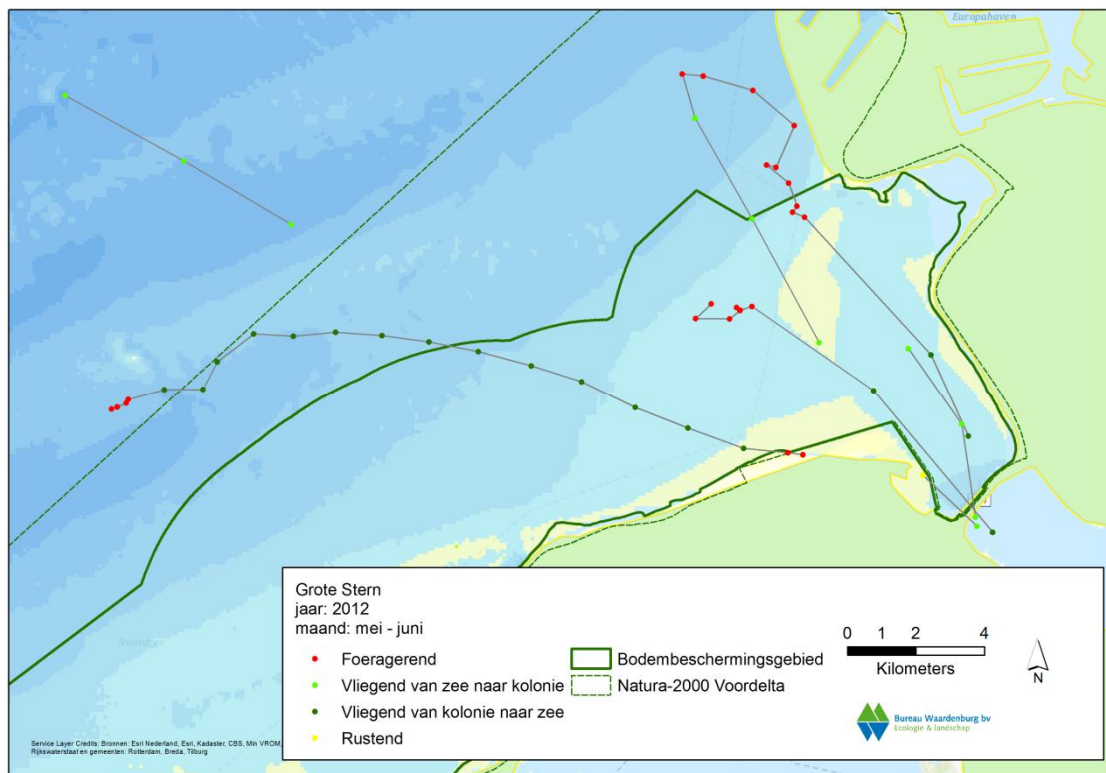
Figuur B-4.20 Kaart met alle vastgelegde tochten van de vogel met logger 6 - 2012.



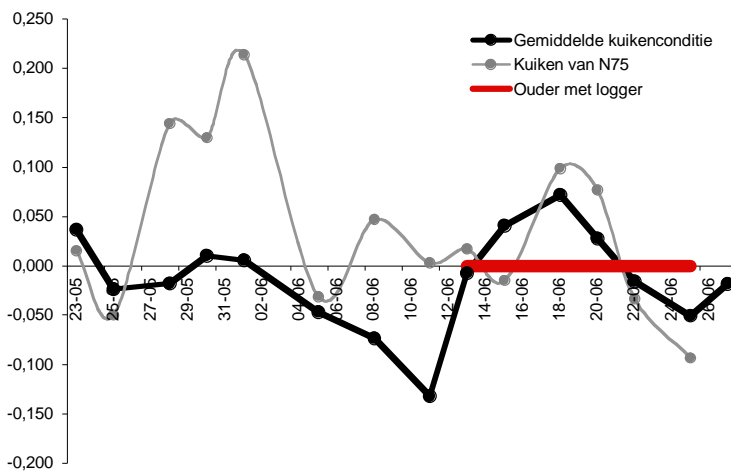
Figuur B-4.21 Kuiken conditie van kuiken van vogel N74 in de loop van het seizoen.

Logger 7 - 2012

Logger 7 - 2012 was een mannetje met kleurring BLAUW-N75. Deze vogel heeft op 13 tot en met 23 juni 2012 tijdens 6 tochten GPS posities opgeslagen (Figuur B-4.22). Hiervan was er 1 compleet. De gemiddelde duur van zijn tochten waren 51 minuten over een afstand van gemiddeld 35 km (gem. 41 km/hr) waarbij de vogel maximaal 31,4 km van de kolonie verwijderd was. De door de GPS-logger bepaalde maximum snelheid was 35 km/hr. De berekende maximum snelheid tussen de punten was 65 km/hr. Eén van de tochten van deze vogel ging buiten het Natura 2000-gebied en tijdens drie kwam de vogel buiten het bodembeschermingsgebied. Van deze vogel is één voedselwaarneming gedaan in de kolonie en die kwam van de tocht buiten het Natura 2000-gebied. Het kuiken van deze vogel is met succes uitgevlogen en zijn conditie volgde voornamelijk in de latere fases de gemiddelde kuikenconditie van jongen in de kolonie (Figuur B-4.23). Tijdens de periode dat zijn ouder met een logger rond vloog nam zijn conditie eerst toe en daarna af maar dit was conform de andere kuikens in de kolonie (Figuur B-4.23).



Figuur B-4.22 Kaart met alle vastgelegde tochten van de vogel met logger 7 - 2012.



Figuur B-4.23 Kuiken conditie van kuiken van vogel N75 in de loop van het seizoen.

Logger 3 - 2013

Logger 3 - 2013 werd op 27 mei 2013 bevestigd op een grote stern met kleurring WIT-N16. Deze vogel werd 48 uur na de vangst niet meer waargenomen door de ontvangers in de kolonie op de Scheelhoek en heeft deze naar alle waarschijnlijkheid snel na de vangst verlaten. De vogel is tussen 5 juni en 17 augustus diverse malen afgelezen en gefotografeerd in de Putten bij Camperduin (Figuur B-4.24). Helaas was de batterij toen leeg en is het niet mogelijk de gegevens uit te lezen met de ontvanger die permanent in de Putten aanwezig is. Daarna is de vogel op 24 en 26 augustus afgelezen in de visserhaven van Le Havre (Frankrijk).

Life History (2 september 2013)

- **W-N16 (NLA ...1583870)**, 27 May 2013, >2kj, nest, de Scheelhoek eilanden, near Stellendam, Zuid-Holland, the Netherlands (51.48.46 N / 04.04.20 E), CR and transmitter placed
- W-N16, 5 juni 2013, de Putten, Camperduin, Noord-Holland, NL (52.44.08 N / 04.38.45 E), colour-ring read by Sytze Algera
- W-N16, 5 juni 2013, de Putten, Camperduin, Noord-Holland, NL (52.44.08 N / 04.38.45 E), photographed, colour-ring read by Fred Visscher
- W-N16, 12 juli 2013, de Putten, Camperduin, Noord-Holland, NL (52.44.08 N / 04.38.45 E), photographed, colour-ring read by Fred Visscher
- W-N16, 11 augustus 2013, de Putten, Camperduin, Noord-Holland, NL (52.44.08 N / 04.38.45 E), colour-ring read by Fred Visscher
- W-N16, 16 augustus 2013, de Putten, Camperduin, Noord-Holland, NL (52.44.08 N / 04.38.45 E), colour-ring read by Sytze Algera
- W-N16, 17 augustus 2013, de Putten, Camperduin, Noord-Holland, NL (52.44.08 N / 04.38.45 E), colour-ring read by Fred Visscher
- W-N16, 24 August 2013, Fishing Port, Le Havre, Seine-Maritime, France (49.28.55 N / 00.07.54 E), photographed, colour-ring read by Damien Le Guillou
- W-N16, 26 August 2013, Fishing Port, Le Havre, Seine-Maritime, France (49.28.55 N / 00.07.54 E), colour-ring read by Damien Le Guillou



Figuur B-4.24 Vogel WIT-N16 met GPS-logger (roze puntje van harnas en antenne op rug) in De Putten, Camperduin op 12 juli 2013 (foto's Fred Visscher).

Logger 21 - 2013

Logger 21 - 2013 werd op 27 mei 2013 bevestigd op een grote stern met kleurring WIT-N17. Deze vogel werd 48 uur na de vangst niet meer waargenomen door de ontvangers in de kolonie op de Scheelhoek en heeft deze naar alle waarschijnlijkheid snel na de vangst verlaten. De vogel is op 8 juli afgelezen in de Flauwers Inlagen op Schouwen Duiveland. Het is niet bekend of de GPS-logger toen nog op de rug aanwezig was. Waarschijnlijk was dit niet het geval aangezien de waarnemers zeer bewust hiernaar hebben gekeken en niks hebben kunnen opmerken.

Logger 15 - 2013

Logger 15 - 2013 werd op 28 mei 2013 bevestigd op een grote stern met kleurring WIT-N8K. Deze logger was één van de drie prototype loggers die met behulp van een mini-zonnepaneeltje continue voor een langere periode GPS-fixen moet kunnen nemen op een laag interval. Helaas werd deze vogel na de vangst niet meer waargenomen door de ontvangers in de kolonie op de Scheelhoek en heeft deze naar alle waarschijnlijkheid snel verlaten. Ook is het mogelijk dat de vogel zich heeft kunnen ontdoen van de GPS-logger. Tussen 15 en 24 oktober werd de vogel diverse malen waargenomen in de vissershaven van Le Havre, Seine-Maritime, en op andere plaatsen langs de Normandische kust in Frankrijk. Echter op 24 augustus werd de vogel gezien aan de andere kant van Normandië in Saint-Pair-sur-Mer, over zee zo'n 270 km enkele reis. Mocht deze vogel volgend jaar terugkomen en opgemerkt worden in een Nederlandse kolonie dan kunnen opgeslagen gegevens van het afgelopen jaar alsnog worden uitgelezen.

Logger 16 - 2013

Logger 16 - 2013 werd op 28 mei 2013 bevestigd op een grote stern met kleurring WIT-N8X. Deze logger was één van de drie prototype loggers die met behulp van een mini-

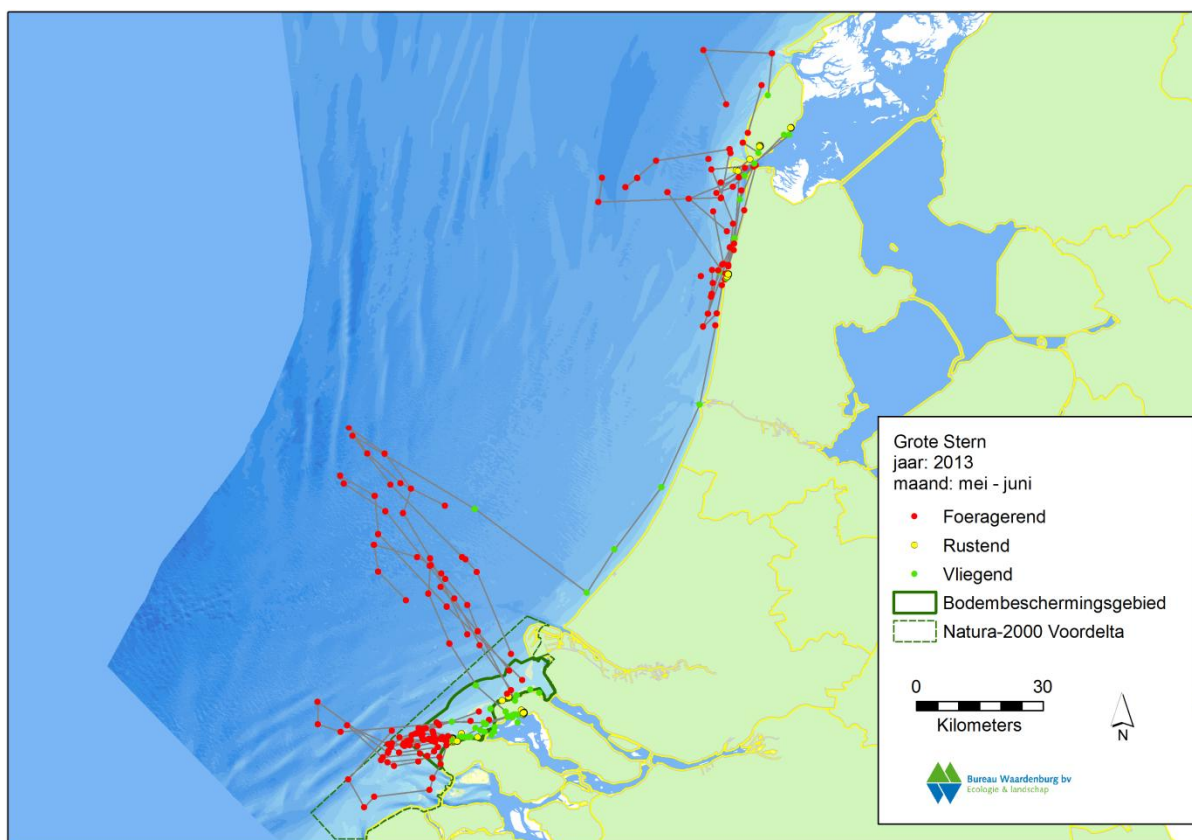
zonnepaneeltje continue voor een langere periode GPS-fixen moet kunnen nemen op een lag interval. Helaas werd deze vogel na de vangst niet meer waargenomen door de ontvangers in de kolonie op de Scheelhoek en heeft deze naar alle waarschijnlijkheid snel verlaten. Ook is het mogelijk dat de vogel zich heeft kunnen ontdoen van de GPS-logger. Mocht deze vogel volgend jaar terugkomen en opgemerkt worden in een Nederlandse kolonie dan kunnen opgeslagen gegevens van het afgelopen jaar alsnog worden uitgelezen.

Logger 7 - 2013

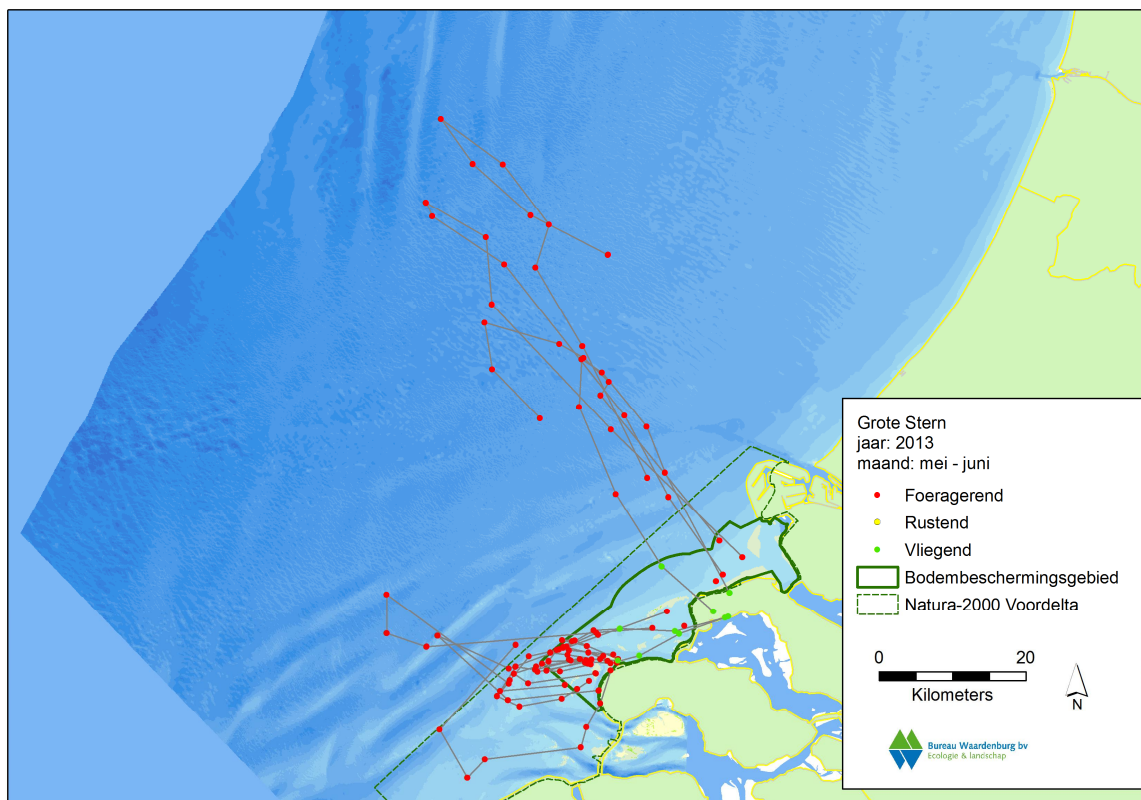
Logger 7 - 2013 werd op 25 juni 2013 bevestigd op een grote stern met kleurring WIT-NZ4 uit een speciaal voor deze vogel gemaakte mini-enclosure. Deze vogel heeft de ochtend na de vangst de kolonie verlaten en is niet meer teruggekeerd. Het kuiken is enkele dagen later uitgevlogen. Onbekend is of de vogel zich heeft kunnen ontdoen van de GPS-logger of dat de vogel in het geheel niet is teruggekeerd. Deze vogel is nog eenmaal later in het seizoen waargenomen op 10 augustus in de Putten bij Camperduin. Toen is niet opgemerkt of de GPS-logger nog op de rug aanwezig was.

Logger 24 - 2013

Logger 24 - 2013 werd op 28 mei 2013 bevestigd op een grote stern met kleurring WIT-N3N. Deze logger was één van de drie prototype loggers die met behulp van een mini-zonnepaneeltje continue voor een langere periode GPS-fixen moet kunnen nemen op een laag interval. De vogel werd na de vangst niet meer waargenomen door de ontvangers in de kolonie op de Scheelhoek, waaruit blijkt dat de vogel zijn nest heeft verlaten. Wel konden de gegevens worden uitgelezen op 20 juni in de Putten nabij Camperduin in Noord-Holland toen de vogel daar rustte (Figuur B-4.25). Uit de analyse van deze gegevens bleek dat deze vogel op 29 mei vertrokken is van de Scheelhoek naar de buurkolonie op Markenje. Het is niet waarschijnlijk dat daar opnieuw begonnen is met broeden. Wel maakte het dier hier tussen 30 mei en 10 juni van hieruit tochten op zee om te foerageren. Tussen 30 mei en 5 juni was dit uitsluitend ten westen van Schouwen. Standaard vertrok de vogel in de ochtend van Markenje richting het Verklipperstrand, maakte vanuit hier 2 tot 3 foerageertochten op zee tot maximaal 33 km uit de kust. Tijdens deze tochten bleef de vogel voornamelijk binnen de N2000 begrenzing en ook binnen de begrenzing van het bodembeschermingsgebied. In de daaropvolgende week (6 tot 10 juni) maakte de vogel uitsluitend tochten ten noordwesten van Goeree, direct vanuit Markenje. Meestal werden zo'n 1 tot 2 tochten per dag gemaakt tot maximaal 80 km vanaf Markenje. Deze tochten waren voornamelijk buiten de begrenzingen van N2000- en bodembeschermingsgebied (de tochten vanuit de Voordelta worden in meer detail weergegeven in Figuur B-4.26). Op 10 juni vloog de vogel niet terug naar Markenje maar besloot na aankomst op de kust naar het noorden af te buigen en door te vliegen naar de kolonie in het Ottersaat op Texel. Tussen 10 en 20 juni verbleef hij 's nachts in De Petten of het Ottersaat en maakte foerageertochten voor de Noord Hollandse kust. Meestal dicht aan de kust maar ook tot 40 km uit de kust. Vaak werd gebruik gemaakt van de Putten om te rusten tijdens het foerageren. Maar éénmaal werd in dit gebied ook overnacht. Naast De Putten worden ook de zandvlaktes op de Hors en de Razende Bol gebruikt om te rusten tijdens foerageertochten. Op 2 juli werd de vogel visueel nog waargenomen in de Petten op Texel. Op 25 oktober werd deze vogel nogmaals gezien te weten in the Nevern Estuary, nabij Newport (Pembrokeshire) in Wales (52.01.29 N / 04.50.38 W). De logger zat toen nog op de rug van de vogel (Figuur B-4.27), en mocht deze vogel volgend jaar terugkomen en opgemerkt worden in een Nederlandse kolonie dan kunnen opgeslagen gegevens van het afgelopen jaar mogelijk alsnog worden uitgelezen.



Figuur B-4.25 Kaart met alle vastgelegde tochten van de vogel met logger 24-2013.



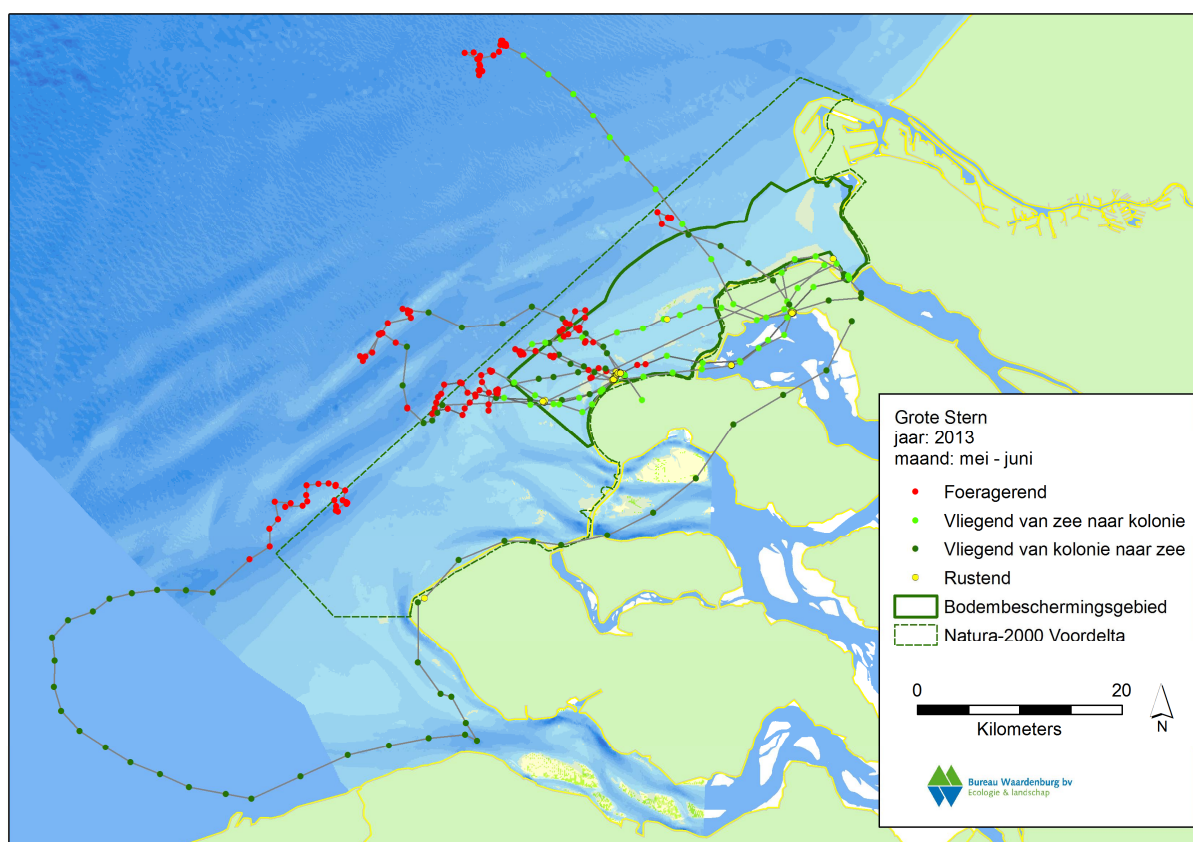
Figuur B-4.26 Kaart met alle vastgelegde tochten van de vogel met logger 24-2013 vanuit de Voordelta (Markenje en Verkliekersplaat).



Figuur B-4.27 Foto van de vogel met logger 24-2013 op 25 oktober in het Nevern Estuary, Newport, Wales. (Foto Adam Dare)

Logger 11 - 2013

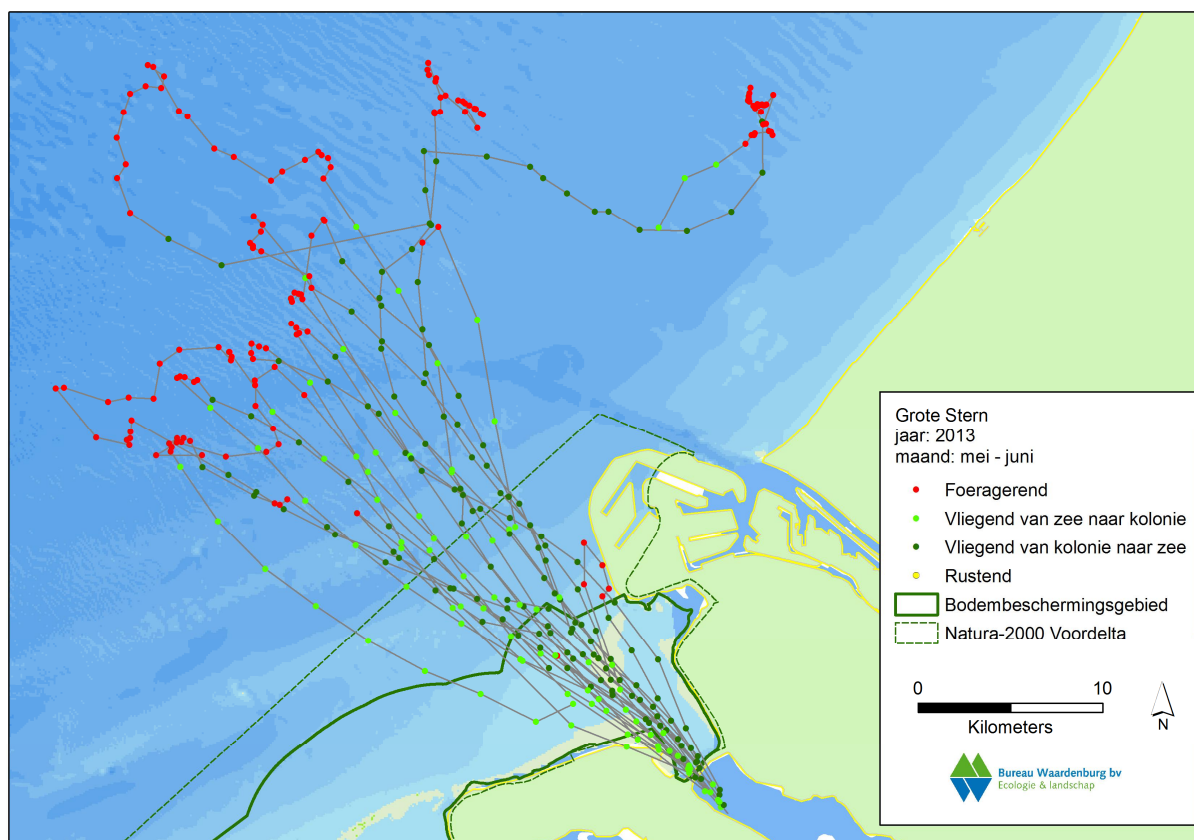
Logger 11 - 2013 werd op 3 juni 2013 bevestigd op een grote stern met kleurring WIT-NH6. Deze vogel heeft tussen 4 en 8 juni 2013 tijdens 8 tochten GPS posities opgeslagen en doorgegeven aan de ontvanger in de kolonie (Figuur B-4.28). Hiervan was er 1 compleet. Het kuiken van deze vogel is dood gegaan, maar op welk moment is onduidelijk. De vogel heeft in ieder geval niet meteen de kolonie verlaten, wat suggereert dat het kuiken nog wel aanwezig was. Deze vogel foerageerde vooral ten westen en noordwesten van Schouwen en maakte regelmatig gebruik van het Verkliekerstrand, de Bollen van het Nieuwe Zand en de Bollen van de Ooster om te rusten. Ook verbleef de vogel een aantal keer in de kolonie op Markenje. Op 6 juni maakte de vogel een lange tocht van de Scheelhoek, via Markenje, de Oosterschelde en Westkapelle richting de Hoge Platen en daarna door naar Zeebrugge alvorens terug te keren om te foerageren ten westen van Walcheren. De volgende dag was de vogel weer terug op de Scheelhoek. De gemiddelde duur van zijn tochten waren minimaal 295 minuten over een afstand van gemiddeld 102 km (gem. 21 km/hr) waarbij de vogel maximaal 88,6 km van de kolonie verwijderd was. Echter van deze vogel zijn maar zeer weinig complete tochten vastgesteld en een groot aantal eindigde of begon op een punt ver van de kolonies. Ongeveer de helft van de tochten van deze vogel ging buiten het Natura 2000-gebied en allemaal kwam de vogel buiten het bodembeschermingsgebied. In het verdere verloop van de zomer is WIT-NH6 niet weergezien.



Figuur B-4.28 Kaart met alle vastgelegde tochten van de vogel met logger 11 - 2013.

Logger 14 - 2013

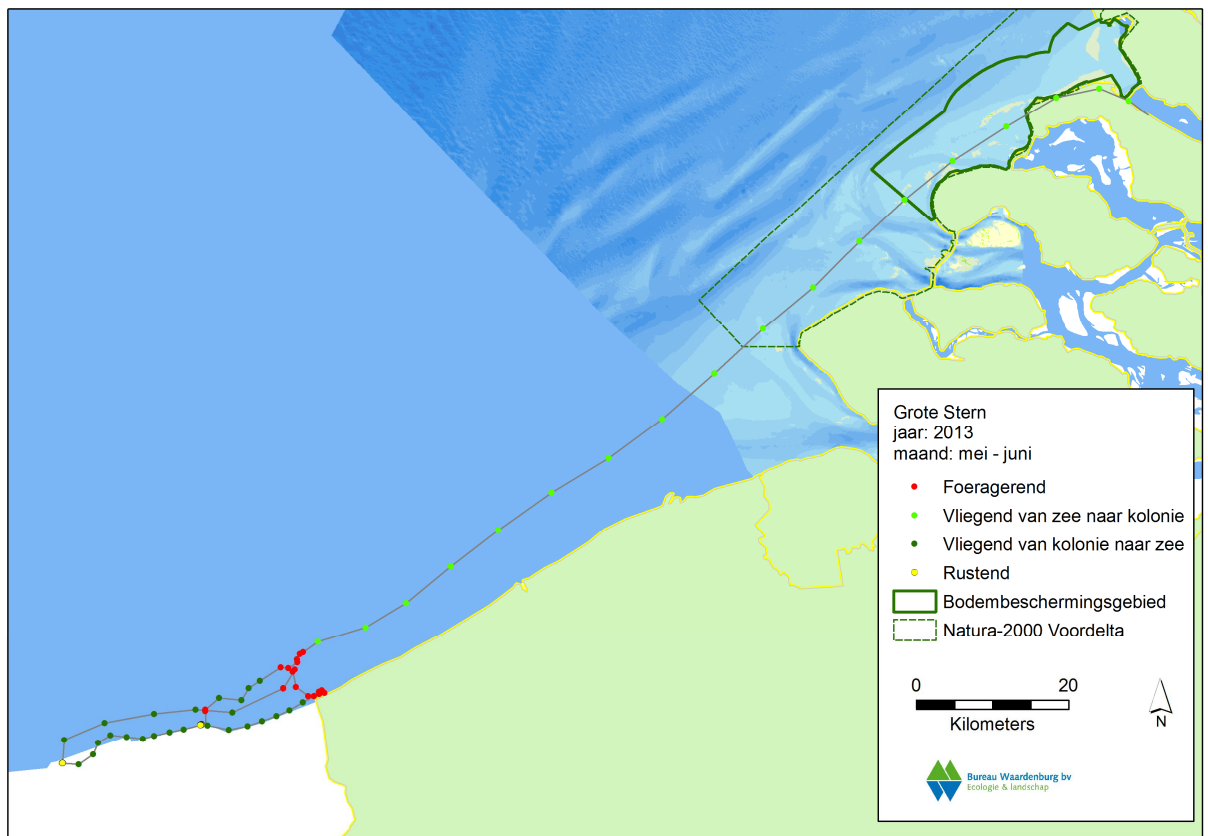
Logger 14 - 2013 werd op 3 juni 2013 bevestigd op een grote stern met kleurring WIT-NK3. Deze vogel heeft tussen 5 en 10 juni 2013 tijdens 15 tochten GPS posities opgeslagen en doorgegeven aan de ontvanger in de kolonie (Figuur B-4.29). Hiervan waren er 10 compleet. Het kuiken van deze vogel was nog in leven ten tijde van de werkzame periode van de GPS-logger. De gemiddelde duur van zijn tochten waren 146 minuten over een afstand van gemiddeld 75 km (gem. 31 km/hr) waarbij de vogel maximaal 51,0 km van de kolonie verwijderd was. Op twee na alle tochten van deze vogel gingen buiten het Natura 2000-gebied en op één na allemaal buiten het bodembeschermingsgebied. Van deze vogel zijn twee voedselwaarnemingen gedaan in de kolonie (beide Zandspielingen van 2.75 snavelengte) en die kwamen beide van een tocht ver buiten het Natura 2000-gebied (resp. 32 en 36 km ten noordwesten van kolonie). De tochten die zijn vastgelegd zijn dus daadwerkelijk tochten waarbij voedsel is gezocht voor het kuiken. Overigens blijkt uit de observaties in de enclosure dat het kuiken waarschijnlijk na enkele dagen alsnog is overleden. In het verdere verloop van de zomer is WIT-NK3 niet weergezien.



Figuur B-4.29 Kaart met alle vastgelegde tochten van de vogel met logger 14 - 2013.

Logger 4 - 2013

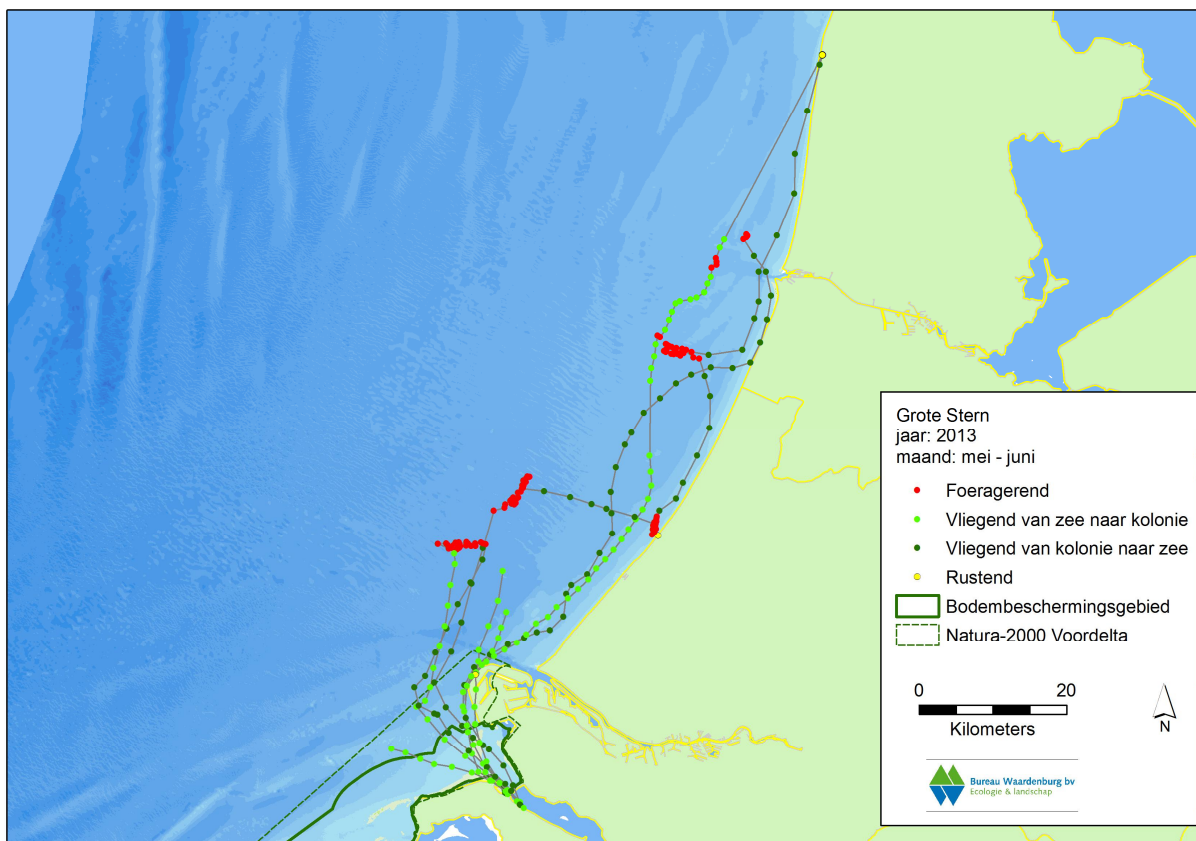
Logger 4 - 2013 werd op 10 juni 2013 bevestigd op een grote stern met kleurring WIT-NPC. Deze vogel heeft op 12 en 13 juni 2013 tijdens 1 tocht GPS posities opgeslagen opgeslagen en doorgegeven aan de ontvanger in de kolonie (Figuur B-4.30). Deze tocht was incompleet. Het kuiken van deze vogel is waarschijnlijk snel dood gegaan en de vogel heeft na deze tocht de kolonie verlaten. Deze vogel is vertrokken naar Frankrijk en heeft op het strand van Duinkerken een nacht doorgebracht. Gefoerageerd werd er voor de kust van de Panne tot 10 km uit de kust. Na de nacht op het strand bezocht deze vogel de grote stern kolonie in het Réserve Naturelle Nationale du Platier d'Oye. Hierna bezocht de vogel nog één keer de kolonie op de Scheelhoek alvorens te verdwijnen. Deze vogel is nog eenmaal later in het seizoen waargenomen op 2 augustus in de Putten bij Camperduin. Toen is niet opgemerkt of de GPS-logger nog op de rug aanwezig was.



Figuur B-4.30 Kaart met alle vastgelegde tochten van de vogel met logger 4 - 2013.

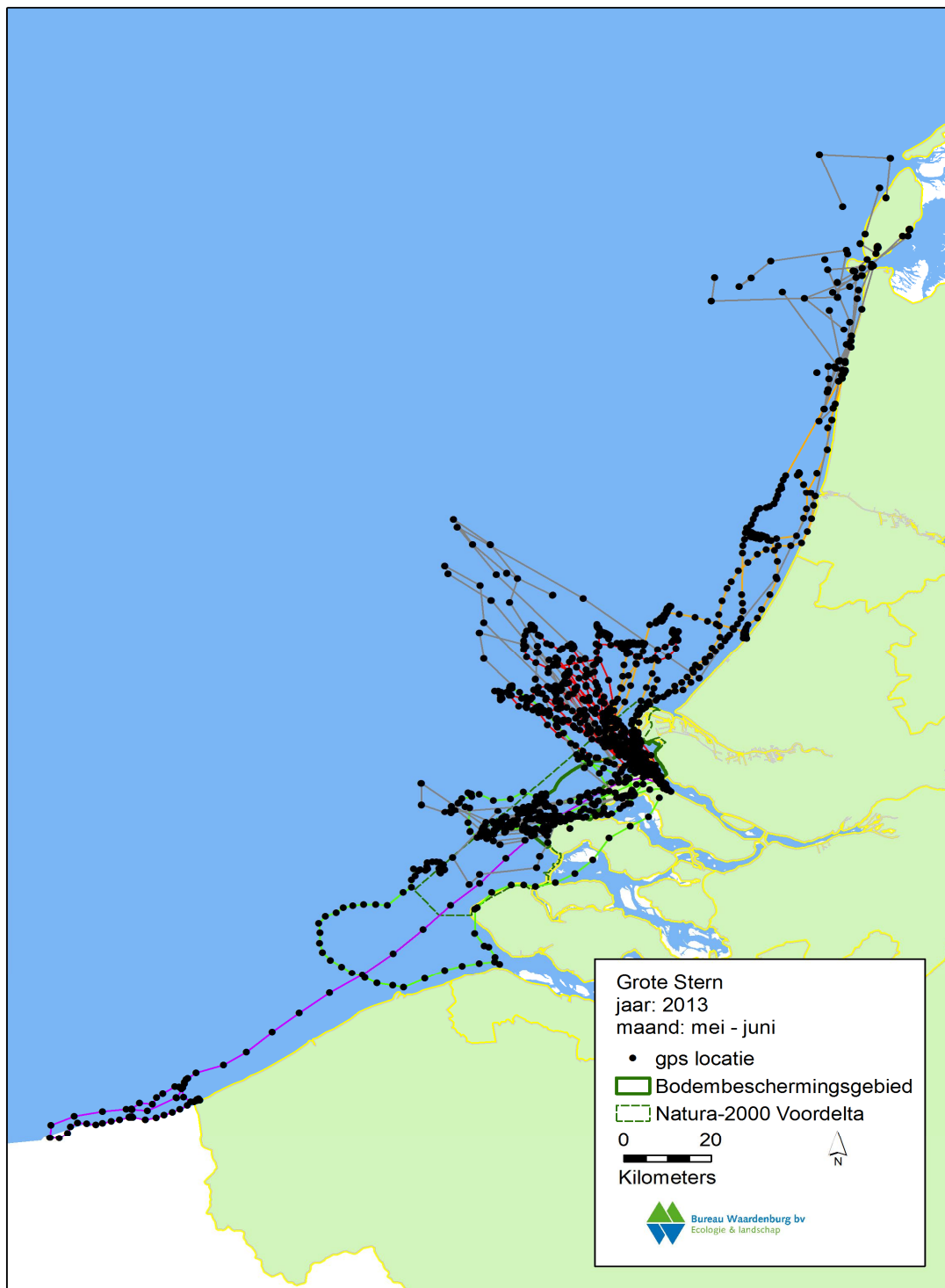
Logger 26 - 2013

Logger 26 - 2013 werd op 10 juni 2013 bevestigd op een grote stern met kleurring WIT-NKT. Deze vogel heeft tussen 12 en 18 juni 2013 tijdens 7 tochten GPS posities opgeslagen en doorgegeven aan de ontvanger in de kolonie (Figuur B-4.31). Hiervan was er 1 compleet, en één bijna compleet (hier ontbrak alleen een stukje terugweg tussen de slaappleats in de Putten en ongeveer IJmuiden). Het kuiken van deze vogel is dood gegaan, maar op welk moment is onduidelijk. De vogel heeft in ieder geval niet meteen de kolonie verlaten, echter de lange tochten en nachten buiten de kolonie suggereren mogelijk dat het kuiken al snel niet meer in leven was. Op zowel 12 als 13 juni was de vogel aanwezig in de kolonie. Op 14, 15, 16, 17 en 18 juni foerageert de vogel op zee ter hoogte van Noord- en Zuid-Holland. De nacht van 15 op 16 juni brengt deze vogel door in de Putten bij Camperduin. De gemiddelde duur van zijn tochten waren minimaal 706 minuten over een afstand van gemiddeld 109 km (gem. 9 km/hr) waarbij de vogel maximaal 109,7 km van de kolonie verwijderd was. Echter van deze vogel zijn maar zeer weinig complete tochten vastgesteld en een groot aantal eindigde of begonnen op een punt ver van de kolonies. Alle tochten van deze vogel gingen buiten het Natura 2000-gebied en het bodembeschermingsgebied. Uiteindelijk heeft de vogel de kolonie na een week verlaten. WIT-NKT is nog eenmaal later in het seizoen waargenomen op 20 juni op het strand bij Grootte Keten in Noord-Holland. Toen is niet opgemerkt of de GPS-logger nog op de rug aanwezig was.



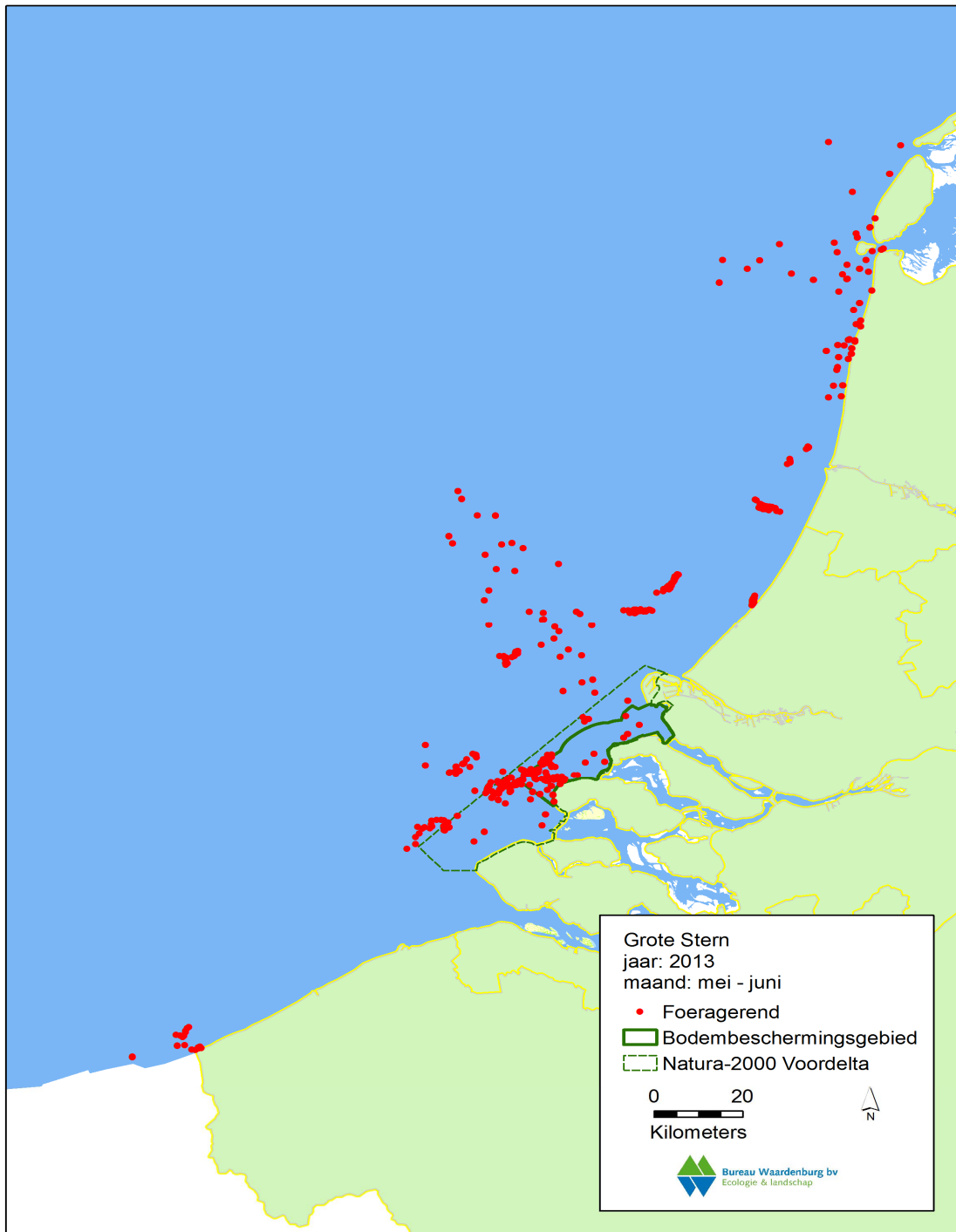
Figuur B-4.31 Kaart met alle vastgelegde tochten van de vogel met logger 26 -2013.

Samenvattende kaarten van de omzwervingen van mislukte broedvogels

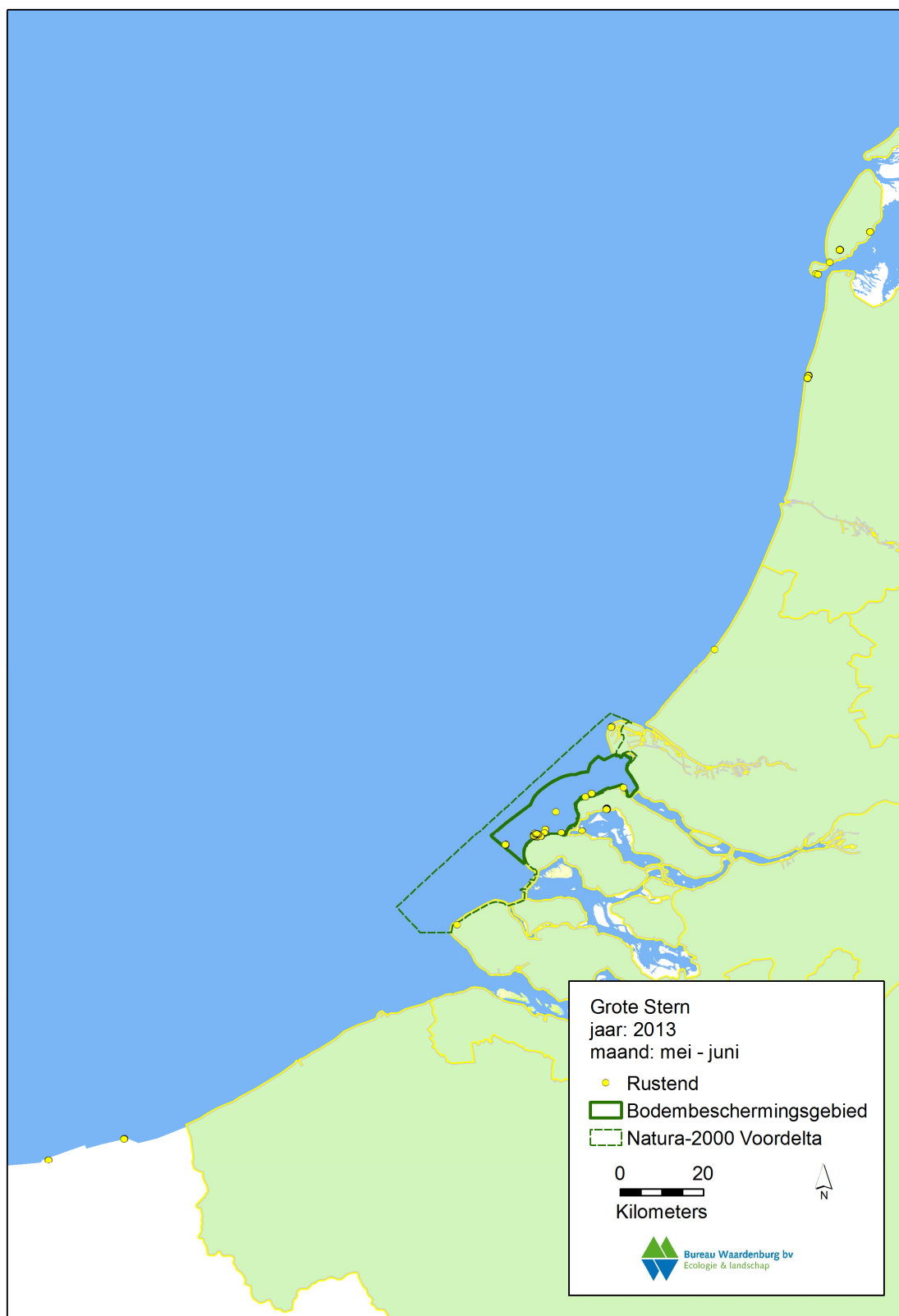


Figuur B-4.6

Kaart met alle vastgelegde GPS-posities van grote sterns in 2013 met een mislukt broedsel. De gestippelde groene lijn is de grens van het Natura 2000-gebied Voordelta, de doorgetrokken groene lijn is het bodembeschermingsgebied.



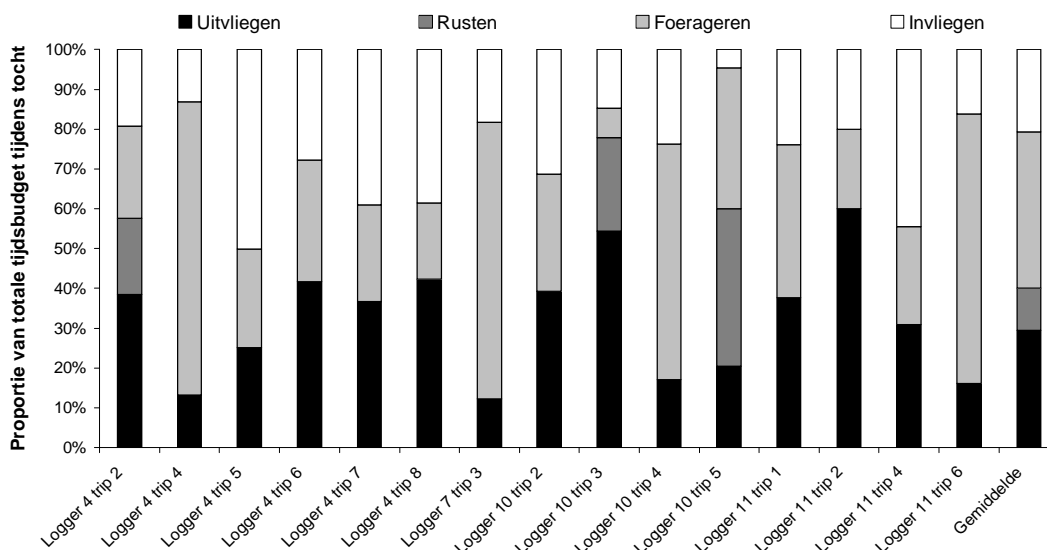
Figuur B-4.7 Kaart met alle foerageerlocaties van alle sterns met GPS-loggers waarvan het broedsel mislukte in 2013.



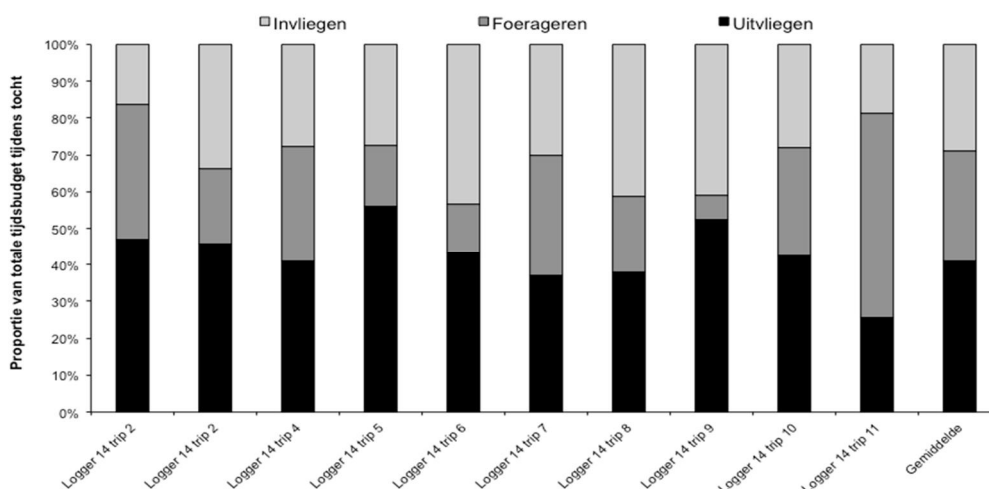
Figuur B-4.9 Kaart met alle rustlocaties van alle sterns met GPS-loggers waarvan het broedsel mislukte in 2013.

Tijdsbudgetten tijdens foerageertochten

Details over alle tochten van sterns met GPS loggers wordt weergegeven in tabel B-4.1 en B-4.2. Uit de GPS-logger gegevens is ook te halen hoe lang een vogel bezig is geweest met uitvliegen, foerageren en invliegen. Tijdens een foerageervlucht werden 4 verschillende gedragingen onderscheiden. Van de kolonie naar zee vliegen (Uitvliegen), rusten op de platen en stranden (Rusten), voedsel zoeken en vangen (Foorageren), en terug naar de kolonie vliegen (Invliegen). Tijdens de compleet gelogde tochten in 2012 (n=15, tabel B-4.1) bleek dat de vogels gemiddeld 30% van de tijd bezig waren met uitvliegen, 11% met rusten, 39% met foerageren en 21% invliegen tijdens foerageertochten (Figuur B-4.10). Het lagere percentage invliegen betekent dat een deel van het foerageren al gebruikt wordt om terug richting kolonie te gaan. Tijdens de compleet gelogde tochten in 2013 (n=10, tabel B-4.2) van een kuikenvoerende stern bleek dat de vogel gemiddeld 41% van de tijd bezig was met uitvliegen, 30% met foerageren en 29% invliegen tijdens foerageertochten (Figuur B-4.11). Deze vogel rustte niet tijdens foerageertochten.



Figuur B-4.10 Tijdsbudgetten van complete foerageervluchten die werden vastgelegd met GPS-loggers in 2012.



Figuur B-4.11 Tijdsbudgetten van complete foerageervluchten die werden vastgelegd met GPS-loggers in 2013.

Tabel B-4.1 Overzicht van verschillende tochten van kuikenvoerende sterns in 2012

Logger nummer (t = tape, h = harnas)	Geslacht	Tocht	(In)-Compleet	Binnen (i) buiten (o) Natura 2000-gebied Voordelta	Binnen (i) buiten (o) Bodembeschermingsgebied	Datum	Starttijd trip (GMT)	Stoptijd trip (GMT)	Duur (min)*	Max. afstand (km)	Afgelegde afstand (km) * = minimum schatting	Maximale vliegsnelheid	of predatie van vis, H=haring, ZS = niet Zandspiering, M = niet opgemerkt in kolonie, ? =
10	m	1	i	i	i	24-05-	05:5	09:5	240	12,	46,8	58	?
		2	c	i	i	24-05-	12:5	13:4	51	11,	41,3	39	?
		3	c	i	i	24-05-	14:0	14:5	63	10,	81,2	60	?
		4	c	i	o	24-05-	16:2	18:5	152	12,	32,5	46	?
		5	c	i	o	25-05-	09:5	13:2	210	13,	61,8	47	?
11	v	1	c	i	i	24-05-	07:4	09:3	109	21,	50,2	44	?
		2	c	i	i	24-05-	12:3	13:1	50	7,4	17,8	33	?
		3	i	i	i	24-05-	18:1	19:0	55	9,5	15,2	28	?
		4	c	i	o	25-05-	06:3	07:5	81	21,	41,4	50	?
		5	i	i	i	25-05-	11:0	11:1	15	3,9	7,9	31	?
		6	c	i	i	25-05-	11:2	11:5	31	4,0	27,0	21	?
		7	i	i	i	25-05-	12:3	12:4	10	3,6	21,7	28	?
15	v	1	i	i	i	24-05-	07:4	08:0	20	4,2	32,4	28	?
3 (t)	m	1	i	i	i	06-06-	10:0	13:4	224	29,	76,6	88	?
		2	i	i	i	06-06-	15:0	15:5	51	20,	50,6	36	?
4 (h)	m	1	i	o	o	12-06-	08:2	10:0	107	30,	62,9	28	?
		2	c	i	i	13-06-	05:3	06:0	26	4,3	14,8	50	?
		3	i	o	o	13-06-	06:3	09:5	213	35,	75,9	42	Z/M
		4	c	i	i	14-06-	04:0	04:3	38	6,3	17,3	53	?
		5	c	i	i	14-06-	05:2	05:4	20	6,9	24,2	43	?
		6	c	i	i	14-06-	06:0	06:3	36	10,	52,0	42	H1,75
		7	c	i	i	14-06-	07:1	07:4	41	10,	31,9	45	H1,75
		8	c	i	i	14-06-	08:1	08:3	26	7,2	15,5	44	H1,5
		9	i	o	o	14-06-	08:4	09:5	78	23,	38,8	47	Z
6 (h)	v	1	i	i	o	13-06-	04:3	05:2	53	17,	22,3	30	?
		2	i	o	o	13-06-	06:0	10:0	239	31,	68,3	37	?
		3	i	o	o	14-06-	06:5	10:0	192	29,	32,4	37	?
		4	i	o	o	15-06-	05:1	08:3	207	26,	43,1	67	?
7 (h)	m	1	i	o	o	13-06-	06:5	07:0	16	31,	15,9	48	H2,25
		2	i	i	i	14-06-	04:0	04:1	16	4,3	7,0	22	?
		3	c	i	o	18-06-	05:4	07:0	82	17,	27,5	49	?
		4	i	i	i	21-06-	05:5	06:1	26	7,6	12,3	33	?
		5	i	i	i	21-06-	06:1	07:0	46	12,	18,7	65	?
		6	i	i	o	23-06-	04:1	06:1	117	27,	26,7	21	?
Gemiddelde									86,5	15,	35,6	42,0	

Tabel B-4.2 Overzicht van verschillende tochten in 2013 voor kuikenvoerende (14) en waarschijnlijk mislukte (11, 26 en 4) vogels apart.

Logger nummer (t = tape, h = hamas)	Tocht	(In)-Compleet	Binnen (i) buiten (o) 2000-gebied Voordelta	Natura (o) Binnen (i) buiten Bodembeschermingsgebied	Datum	Starttijd trip (GMT)	Stoptijd trip (GMT)	Duur (min)* * = minimum schatting	Max. afstand (km)	Afgelegde afstand (km) * = minimum schatting	Maximale vliegsnelheid	Uitslag ZS = zeer waarschijnlijk predatie van vis, H=haring, ZS = Zandspijering, M = niet opgemerkt in kolonie, ? = onbekend
14 (h)	1	i	i	o	05-06-	11:0	12:56	112*	36,3	43,5	65	ZS2,75
	2	c	o	o	05-06-	15:2	16:18	63	16,5	28,9	60	?
	3	c	o	o	06-06-	06:1	08:14	127	35,3	68,0	50	?
	4	c	o	o	06-06-	12:1	14:36	151	38,7	78,2	55	ZS2,75
	5	c	o	o	06-06-	14:5	17:13	142	36,0	69,1	57	?
	6	c	i	i	07-06-	07:0	07:32	36	12,4	22,2	49	?
	7	c	o	o	07-06-	07:3	10:08	156	36,1	65,4	47	?
	8	c	o	o	07-06-	10:1	12:14	125	37,8	65,1	54	?
	9	c	o	o	07-06-	13:2	14:45	88	25,7	49,9	54	?
	1	c	o	o	07-06-	14:5	17:25	156	41,1	78,0	61	?
	1	c	o	o	08-06-	08:5	13:02	256	42,8	92,0	52	?
	1	c	o	o	08-06-	17:4	18:02	26	16,5	7,7	27	?
	1	i	o	o	09-06-	06:1	11:20	315*	51,0	97,6	59	?
	1	i	o	o	09-06-	16:0	18:01	119*	35,2	51,2	70	?
	1	i	o	o	10-06-	07:0	12:11	308*	39,3	81,3	43	?
Gemiddelde								120,	33,4	59,9	53,	
4 (h)	1	i	o	o	12-06-	11:2	09:06	1308	165,	235,	10	?
11 (h)	1	i	i	o	04-06-	10:4	18:04	445*	38,7	49,4	35	?
	2	i	i	o	05-06-	06:0	11:05	306*	34,9	60,5	44	?
	3	c	i	o	05-06-	13:0	13:26	25	5,3	4,9	30	?
	4	i	i	o	06-06-	06:0	12:10	370*	44,2	61,7	43	?
	5	i	o	o	06-06-	12:2	18:02	347*	88,6	164,	77	?
	6	i	o	o	07-06-	06:0	15:11	553*	50,1	108,	48	?
	7	i	i	o	07-06-	16:3	18:00	88*	22,4	26,6	47	?
	8	i	i	o	08-06-	06:3	10:12	222*	46,3	51,6	53	?
26 (h)	1	i	o	o	14-06-	07:3	08:46	79*	26,8	28,7	42	?
	2	c	o	o	14-06-	12:3	17:31	298	37,7	100,	47	?
	3	i	?	?	14-06-	17:5	18:02	11*	5,7	2,9	29	?
	4	i	o	o	15-06-	06:0	06:41	42*	19,6	16,8	32	?
	5	i	o	o	15/16-06-	07:2	11:00	4247	109,	296,	75	?
	6	i	o	o	17-06-	06:3	07:47	75*	32,3	33,6	44	?
	7	i	o	o	18-06-	06:1	09:19	193*	83,4	92,5	53	?
Gemiddelde								161,5	50,7	83,4	50,	

BIJLAGE 5: Methodiek kleurringactie juveniele sterns

Inleiding

Al sinds de jaren 1970 worden in de Delta jonge grote sterns van metalen ringen voorzien. Hoofddoel van onderzoek is om meer te weten te komen over waar deze jonge vogels zich vestigen als volwassen broedvogel, in hoeverre deze vogels plaatstrouw zijn, waar ze overwinteren, van welke tussenstopgebieden tijdens de trek van en naar Afrika ze gebruik maken en op de lange termijn wat de overleving is. Een terugmelding van een vogel met een metalen ring vindt meestal plaats doordat een vogel dood gevonden wordt of geschoten. Met kleurringen wordt de kans om terugmeldingen te krijgen vele malen vergroot, omdat waarnemers met telescopen vele malen meer meldingen kunnen doen. Bovendien vertellen kleurringterugmeldingen een ander dan het traditionele metaal-ring verhaal. Niet langer zijn terugmeldingen beperkt tot een stippenkaart met slechts één punt per individu, maar kunnen ook van individuen meerdere waarnemingen bekend worden tijdens hun leven.

De laatste jaren zijn er voor grote sterns goed afleesbare en duurzame kleurringen beschikbaar. De aanleiding om in 2012 een groot aantal jonge grote sterns van een kleurring te voorzien werd mogelijk doordat de goede omstandigheden voor een dergelijk onderzoek (capabele onderzoekers, enig extra budget, goed materiaal, beschikbare eigen tijd) aanwezig waren door het intensieve onderzoek in het kader van de Natuurcompensatie voor de Tweede Maasvlakte. Binnen dit kader is het overigens belangrijk dat het gebruik van de zandplaten in de Delta door grote sterns en hun juvenielen beter in kaart wordt gebracht en ook hieromtrent kunnen de kleurringen veel informatie verschaffen.

Methode

Op maandag 18 juni 2012 werden op Betoneiland (Scheelhoek) ongeveer 400 kuikens van grote stern *Sterna sandvicensis* voorzien van een blauwe kleurring met unieke witte inscriptie. Op dat moment was meer dan de helft van de aanwezige kuikens van grote sterns reeds uitgevlogen en had zich verplaatst naar het ernaast gelegen eiland. De nog aanwezige kuikens op Betoneiland waren vrijwel allemaal in de laatste dagen voor uitvliegen. Er was gekozen om de ringactie pas op het einde van de kuikenfase te doen omdat dit enerzijds het minste nodeloze verlies van ringen zou opleveren (in de laatste week voor het uitvliegen sterven nog maar heel weinig kuikens) en anderzijds omdat de sterns in dit stadium het minst verstoringsgevoelig zijn. De oudervogels en kuikens drommen in dat stadium in grote crèches samen aan de randen van de broedkolonie, zijn niet meer gebonden aan de nestomgeving en worden gedurende langere tijd alleen gelaten door hun ouders. 's Ochtends werd een eerste vangactie georganiseerd. Enkele dagen van te voren was reeds een inloofuik opgezet op Betoneiland. De fuik was gemaakt van kippengaas en bestond uit een trechtervormig gedeelte dat aan weerszijde ongeveer 20 m lang was en dat uitmondde in een ronde kraal met een diameter van ongeveer 3 meter (Figuur B-5.1).

Een groep van 10 personen benaderde Betoneiland vanuit het zuiden. Daar aangekomen dreven acht personen een groep kuikens langzaam voor zich uit in de richting van de fuik, terwijl twee anderen aan de noordzijde van het eiland hadden postgevat om te voorkomen dat er kuikens te water gingen. Toen ongeveer 150 kuikens zich in de kraal hadden verzameld werd die afgesloten. In eerste instantie dromden de kuikens massaal samen tegen de randen van de kraal (overigens was de onderkant van de kraal voorzien van plastic zodat de kuikens hun snavels niet konden beschadigen aan het kippengaas, het principe dat ook bij de reguliere enclosures wordt toegepast), maar na enkele minuten zaten de kuikens mooi verdeeld in de kraal (Figuur B-5.2).

Er werden drie ringteams gevormd en 1 persoon gaf kuikens aan vanuit de kraal (Figuur B-5.3). Alle kuikens werden gewogen en de koplengte werd opgemeten om op die manier de conditie van de kuikens te bepalen. Elk kuiken werd voorzien van een metalen ring van het Vogeltrekstation (over het algemeen aan de linker poot) en een blauwe kleurring aan de andere poot (Figuur B-5.4). Een aantal kuikens (ongeveer 10%) droeg reeds een metalen ring. Die waren afkomstig van een eerdere ringactie op donderdag 14 juni had plaatsgevonden. Toen werden ongeveer 200 kuikens voorzien van enkele een metaalring. Aan de hand van het percentage reeds geringde kuikens kan later middels de terugvangstmethode worden berekend wat het broedsucces is geweest van de grote stern op de Scheelhoekeilanden en kan die worden vergeleken met die in de enclosure. Eén kuiken dat blijkbaar al geruime tijd met zijn poten verstrikt zat in visdraad, werd bevrijd van zijn ongemak maar werd niet geringd omdat de snijwonden dusdanig diep waren dat het maar de vraag was of dit kuiken het zou halen.



Figuur B-5.1 Onderzoekers begeleiden al lopende de kuikens de kraal in (foto Pim Wolf).



Figuur B-5.2 Gevangen kuikens netjes verdeeld in de kraal (foto Pim Wolf).

De eerste ringactie duurde exact een uur en inclusief het opdrijven duurde de hele actie minder dan 1,5 uur. De weersomstandigheden waren ideaal: droog, vrijwel geen wind en aangenaam warm. 's Middags (ca. 3 uur na het eerste bezoek) werd een tweede ringactie uitgevoerd, wederom onder zeer goede weersomstandigheden. Ditmaal werd het eiland vanuit de oostkant benaderd en werd een grotere groep kuikens dan de eerste keer door een groep drijvers richting fuik gedwongen. Toen ongeveer 300 kuikens zich in de fuik hadden verzameld werd die gesloten. Eerst werden de kuikens die 's morgens al een blauwe kleurring hadden gekregen verwijderd uit de vangkraal waarna er ongeveer 250 kuikens overbleven. Op enkele heel jonge kuikens na werden die allemaal geringd (blauw en metaal), gewogen en gemeten. De ringactie duurde ongeveer een uur en kwartier. Inclusief het opdrijven duurde de verstoring ongeveer een uur en drie kwartier. Vrijwel alle kuikens waren in goede conditie. In de eindrapportage zal een analyse worden gemaakt van de kuikenconditie en zal die worden vergeleken met de conditie van de kuikens in de enclosure. Ook zal in de toekomst wanneer er voldoende terugmeldingen zijn van de gekleurringde vogels de overleving en andere aspecten zoals moment van vestiging e.a. van de twee groepen vergeleken kunnen worden. Ook in de kolonie van Markenje met toestemming van Staatsbosbeheer ook grote sternkuikens voorzien van een kleurring (hoewel hier het aantal beperkt werd tot enkele tientallen kuikens).



Figuur B-5.3 De kuikens werden door teams van 3 personen geringd, gewogen en gemeten en vervolgens vrijgelaten (foto Han Meerman).



Figuur B-5.4 Bijna vlieg vlugge grote stern met duidelijk afleesbare blauwe kleurring (code NST) aan zijn rechterpoot (foto Pim Wolf).

Potentiele effecten van de ringactie

Tijdens de uitvoering is het voorzorgsprincipe gehanteerd om de vogels geen letsel toe te brengen of de vogels in conditie aan te tasten. De mate en duur van verstoring is van eenzelfde orde van grootte als andere onderzoekshandelingen zoals die ook voorgelegd zijn aan de Provincie Zuid-Holland in de voortoets over de onderzoeksprotocollen voor het Tweede Maasvlakte onderzoek (Poot *et al.* 2009). We zijn ervan overtuigd dat de verstoringen geen meetbare effecten hebben gehad op de kuikens van grote sterns noch op hun ouders. Zoals gezegd waren de weersomstandigheden optimaal. De kuikens waren, op een enkeling na, allemaal bijna vlieg vlug en kunnen dan zonder enige gevolgen een tijdje alleen blijven zonder eten. Tijdens het ringen kwamen een paar ouders van de gevangen

kuikens met prooi boven de fuik hangen. Die kuikens moesten enige tijd wachten op hun eten, maar werden na het loslaten meteen gevoerd op enige afstand van de fuik. Overigens werden de niet gevangen kuikens ondanks onze aanwezigheid ook gewoon gevoerd door hun ouders. Gerekend op een daglichtperiode van 18 uur bedroeg de totale verstoringstijd 18% van de voedertijd en per vangsessie ongeveer de helft daarvan. Bovendien werd slechts een fractie van de kuikens gevangen (naar schatting maximaal 12,5% per vangsessie) en daarvan werden er voortdurend vrijgelaten. Rekening houdend met een voederfrequentie van 1 vis per twee uur en gegeven het feit dat de kuikens meteen na het loslaten alsnog werden gevoerd door hun ouders mag het effect op de voederfrequentie verwaarloosbaar worden genoemd.



Figuur B-5.5 Vliegvlug gekleurringd jong met duidelijk afleesbare blauwe kleurring (code NKF) wordt gevoerd door ouder (foto Pim Wolf).

Randvoorwaarden

Alle personen betrokken bij de ringactie hebben een ringvergunning van het Vogeltrekstation van Nederland en/of via het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen. Dit betekent dat de ringer in kwestie bekwaam is om vogels zonder schade te ringen en waarbij verstoring van de natuur voorkomen wordt. Met de ringvergunning wordt ontheffing verleent binnen het kader van de Flora en Faunawet. Voor een uitvoerige beschrijving van de randvoorwaarden van een ringvergunning verwijzen wij naar de website van het Vogeltrekstation. De kleurringcodering is kortgesloten met de Europese kleurringcoördinator, het programma is aangemeld en op internet aangekondigd met referenties. De terugmeldingen zullen de komende jaren met vereende kracht verzameld worden en waarnemers zullen van informatie worden voorzien van de herkomst van de door hen waargenomen vogels. Pim Wolf als vertegenwoordiger van Ringgroep Delta is eerste aanspreekpunt, waarbij ook de andere personen hand en spandiensten zullen verlenen. Iedere melding van een door ons gekleurringde grote stern wordt opgeslagen in een speciaal daartoe opgezette database. Het ligt in de bedoeling om bij voldoende terugmeldingen in gemeenschappelijkheid publicaties te schrijven om op die manier de ringaflezers verdere terugkoppeling te verschaffen en inzichten met beheerders en onderzoekers te delen.

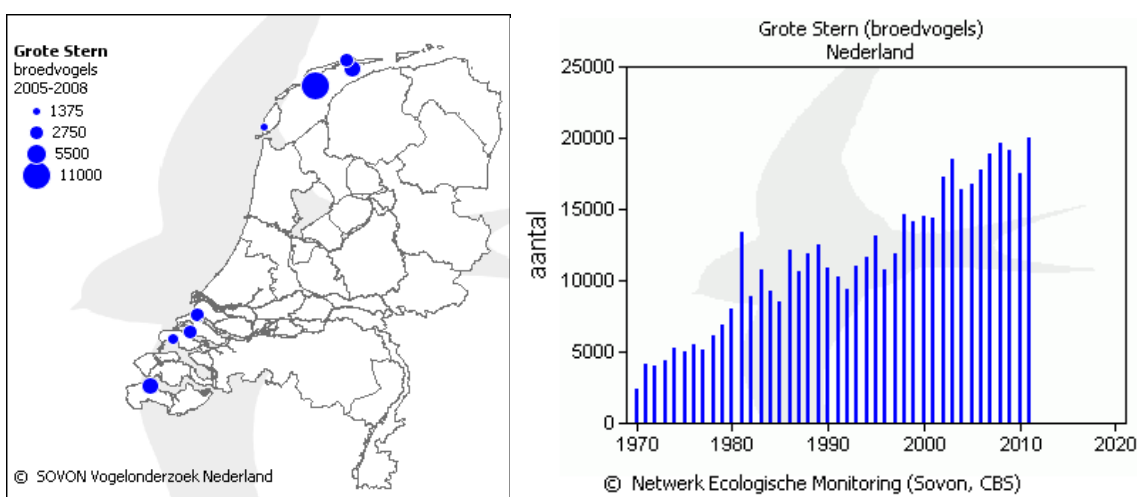
Literatuur

Poot, M.J.M., E. Stienen, R.C. Fijn & T.J. Boudewijn, 2009. Effecten op beschermde soorten en gebieden door ecologisch vogelonderzoek in de broedkolonies van sterns in het Haringvliet. Oriënterend onderzoek (quick scan, voortoets) in het kader van de natuurwetgeving. Bureau Waardenburg rapport 09-058. Bureau Waardenburg, Culemborg.

BIJLAGE 6: Achtergrondinformatie populaties grote sterns en visdieven in de Delta/rest van Nederland en instandhoudingsdoelen Natura 2000

Grote stern – Relatie Zeebrugge en kolonies in de Delta

De ontwikkelingen van de aantallen in het Nederlandse Deltagebied kunnen niet los worden gezien van de vestiging van grote sterns in het havengebied van Zeebrugge, België. Het ontstaan van deze kolonie aan het eind van de jaren tachtig viel samen met een achteruitgang in het Deltagebied. Wanneer het aantalsverloop van het Deltagebied en België tezamen wordt genomen, blijken de afnamen in de periode 1988-1991 en 2005-2006 kleiner te zijn en is de opvallende toename van de grote stern in het Deltagebied in 2007 eenvoudig te verklaren (figuur 5.15). In 2006 broedden in Zeebrugge 2.060 paren, dit aantal nam snel af tot 1.130 paren in 2007 en 249 paren in 2008. In de jaren 2009 en 2010 kwamen er geen grote sterns tot broeden in Zeebrugge. In 2011 keerden grote sterns met 54 paren terug (E. Stienen/INBO). Uit ringonderzoek van INBO en DPM (unpublished) blijkt dat de broedvogels in Zeebrugge samen met die in de Nederlandse kolonies onderdeel zijn van een grensoverschrijdende "Deltapopulatie".



Figuur B-6.1 Verspreiding en trend grote stern voor heel Nederland. Bron SOVON Vogelonderzoek Nederland.

Grote stern - Geschiedenis van de Nederlandse populatie

Het Waddengebied en de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden vormen van oudsher de kerngebieden van de Nederlandse populatie grote sterns (Figuur B-6.1). In de verdeling van de broedparen over deze twee hoofdgebieden is in de loop der jaren veel veranderd. In het begin van de twintigste eeuw lag het zwaartepunt van de verspreiding in het Deltagebied. Van de 16.000 broedparen rond 1900 broedden er 5.000 in de Waddenzee en 11.000 in het Deltagebied. In de jaren tot 1911 reduceerden eierrapers en jagers het aantal broedparen in zeer korte tijd tot 500 paren. Vanaf 1912 werd de kolonie op Griend bewaakt en vanaf 1914 trad de Vogelwet 1912 in werking waarna het aantal grote sterns snel toenam. In 1930 broedden er 15.000 paren in Nederland, en in 1938 werd de populatie geschat op 46.000 paren. Hiervan broedde het leeuwendeel in het Waddengebied (ca. 35.000 paren). In het Deltagebied en het IJsselmeergebied waren de aantallen met 9.000 respectievelijk 2.000 paren duidelijk kleiner (Brenninkmeijer & Stienen 1992). In en kort na de Tweede

Wereldoorlog lag het aantal broedparen lager maar de echte instorting van de populatie kwam in de late jaren vijftig en zestig. Deze achteruitgang werd voornamelijk veroorzaakt door het weglekken van gechloreerde koolwaterstoffen bij één fabrikant van bestrijdingsmiddelen langs de Nieuwe Waterweg (Koeman 1971). Op het dieptepunt van 900 paren in 1965 broedden grote sterns vrijwel uitsluitend in het Waddengebied. Enkele tientallen paren wisten zich te handhaven in de Weevers Inlaag op Schouwen en de Hompelvoet in het Grevelingen (Beijersbergen & Meininger 1980). Na de sluiting van de dieldrin- en telodioldrinfabriek in 1967 herstelde de populatie zeer langzaam. Het duurde tot 1983 voordat weer meer dan 10.000 paren in Nederland broedden (Bijlsma *et al.* 2001). Sinds deze gifepisode is de Waddenzee steeds het belangrijkste gebied voor grote sterns gebleven. Van de bijna 16-19.000 paren die inmiddels in Nederland broeden bevindt ca. 65% zich in het Waddengebied (Boele *et al.* 2010).

Grote stern - Natura-2000, landelijke en regionale doelen

Grote sterns broeden binnen het Deltagebied in een beperkt aantal kolonies, in de periode 2002 tot en met 2011 werden jaarlijks slechts twee tot vijf kolonies bezet. Hoewel sommige kolonies (Hooge Platen, Hompelvoet) jaren achtereen bezet zijn, wisselen grote sterns regelmatig van kolonie. Deze jaarlijkse “kolonie-keuze” vindt plaats op Deltaschaal (inclusief Zeebrugge). Grote sterns die in jaar a in het Grevelingen broeden kunnen in jaar b voor een kolonie in het Haringvliet kiezen. De keuze voor een andere kolonie dan die in het voorgaande jaar gebruikt werd, wordt versterkt wanneer het broedsucces in het voorgaande jaar slecht was. Mede in verband met dit gedrag is binnen Natura-2000 voor de grote stern een regiodoel geformuleerd. De Westerschelde, Oosterschelde, Grevelingenmeer en het Haringvliet zijn aangewezen als Natura 2000-gebied in verband met (potenties voor) broedende grote sterns. De instandhoudingsdoelstelling voor het Deltagebied omvat het behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied met een draagkracht van ten minste 4.000 broedparen. Binnen de vier bekkens die moeten bijdragen aan dit regionale instandhoudingsdoel werden in de periode 2002-2011 gemiddeld 5.865 paren geteld, waarbij de aantallen varieerden tussen een minimum van 3.866 paren in 2006 tot maximaal 7.133 paren in 2003. De kolonies in het Deltagebied omvatten in de periode 2002-2011 ca. 20% van landelijke Natura-2000 doel van 25.000 broedparen.

Buiten de aangewezen bekkens broedden in de jaren 1989-1991 enkele tientallen tot honderden paren op het aangelegde Vogeileiland Westplaat aan de zuidrand van de Maasvlakte. Door een combinatie van slecht ontwerp en gebrek aan herstelwerkzaamheden verdween dit eiland in de winter van 1992/1993 in de golven (Arts 1996; Meininger *et al.* 2000). In de daaropvolgende jaren deden grote sterns slechts een enkele vestigingspoging in de Slufter van de Maasvlakte.

Het regiodoel van 4.000 broedparen werd in vrijwel alle jaren tussen 2002 en 2010 gehaald. Op korte termijn lijkt het huidige beheer van de broedgebieden succesvol. Op wat langere termijn zijn er enkele bedreigingen. Buiten de Westerschelde ontbreekt in de gebieden waar grote sterns broeden de natuurlijke dynamiek zoals zoutinvloed en overspoelingen in het winterhalfjaar. Hierdoor wordt de vegetatiesuccessie en de vestiging van landpredatoren in de hand gewerkt en kunnen de broedgebieden alleen door intensief beheer geschikt blijven. De landelijke en ook in het Deltagebied optredende afname van het aantal broedende kokmeeuwen kan in de nabije toekomst de geschiktheid van broedgebieden voor grote sterns verder nadelig beïnvloeden. Het creëren van geschikt broedgebied (eilanden) op korte afstand van foerageergebieden kan op termijn uitkomst bieden. Met name in het noordelijke Deltagebied lijkt onvoldoende broedgelegenheid aanwezig. Daarnaast is het van belang om zoveel mogelijk bestaande broedgebieden in de nabijheid van de Voordelta voor grote sterns

geschikt te houden. Een belangrijk knelpunt in de noordelijke Delta wordt de toekomstige broedverspreiding van de kleine mantelmeeuw. In de eerste jaren van de 21e eeuw broeden vele duizenden paren kleine mantelmeeuwen op onbebouwde delen en optieterreinen op de Maasvlakte. In 2011 was een groot deel hiervan in gebruik genomen door de industrie. In 2012 zal een tweetal nog resterende terreinen (meer dan 8.000 paren in 2011) ongeschikt worden als broedgebied. De vraag is waar deze vogels uiteindelijk tot broeden zullen komen en aangezien de biotoopvoorkeur van de kleine mantelmeeuw sterk overlapt met die van grote sterns kan nestplaatsconcurrentie met sterns worden verwacht en ook een toename van de predatie in de kolonie.

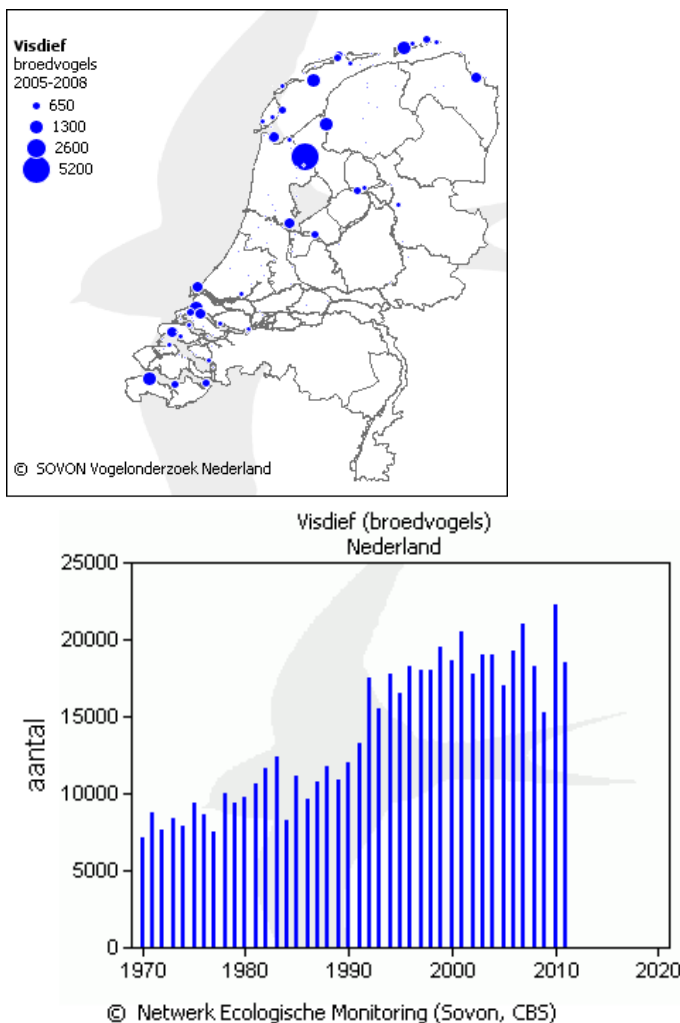
De meerjarige landelijke trend, die in hoofdzaak bepaald wordt door de grote kolonies in het Waddengebied, vertoont een wat vlakker verloop dan de trend in het Deltagebied (exclusief Zeebrugge). Vergeleken met de landelijke aantallen in 2000 is er sprake van een stijgende lijn, de laatste jaren vlakkt deze echter duidelijk af (Boele *et al.* 2011). Opvallend is dat ook in het Waddengebied de grote sterns zich over een toenemend aantal (kleinere) kolonies verspreiden.

In de periode 2000-2010 varieerden de aantallen in het Waddengebied tussen de 8.250 en 13.100 paren met een stijgende lijn vanaf 2003. De sterke afname in het Deltagebied in de periode 2003-2006 bleek in het Waddengebied juist een periode van groei. Beide populaties zijn overigens niet strikt gescheiden; uit ringonderzoek is bekend dat jongen uit het Deltagebied zich regelmatig in een kolonie in het Waddengebied vestigen. Opvallend is dat het herstel van de aantallen in het Deltagebied niet of nauwelijks ten koste gaat van de aantallen rond de Waddenzee. Ook in de kolonies in het Waddengebied waren 2008 en 2009 jaren met zeer grote aantallen (Boele *et al.* 2010; De Kraker 2011).

De bijdrage van de kolonies in het Deltagebied aan het landelijke totaal is sinds 2000 afgenomen. In 2000 was het Deltagebied (zonder Zeebrugge) goed voor 40% van het landelijke totaal, in 2010 was dit aandeel afgenomen tot 33%.

Visdief - Geschiedenis van de Nederlandse populatie

Visdieven worden verspreidt door met name West- en Noord-Nederland gevonden met concentraties in het Deltagebied, IJsselmeer en de Waddenzee (Figuur B-6.2). Rond 1900 broedden er naar schatting tenminste 30.000 paar visdieven in ons land. De aantallen daalden toentertijd razendsnel door vervolging. Na instellen van wettelijke bescherming nam de soort toe tot ca. 45.000 eind jaren '30. In de oorlogsperiode daalden de aantallen door het 'oogsten' van eieren en verstoringen tot onder de 15.000, maar ze herstelden zich weer vrij snel tot boven de 40.000 begin jaren '50. Aan het einde van de jaren '50 en begin jaren '60 dreigde de soort uit te sterven door gifstoffen in het watermilieu en in 1965 waren er nog 5000 paar over. Sindsdien is er langzaam herstel opgetreden en in 2007, toen weer meer dan 20.000 visdiefparen in Nederland werden geteld, leek de populatie weer op de weg terug naar het oude niveau. Daarna namen de aantallen toch weer af en in 2009 was de populatiegrootte 25-30% kleiner dan in 2007 en daarmee ook 25-30% onder de nationale instandhoudingsdoelstelling van 20.000 paar. De staat van instandhouding wordt als matig ongunstig beoordeeld voor verspreiding, populatie en leefgebied (LNV 2006).



Figuur B-6.2 Verspreiding en trend visdief voor heel Nederland. Bron SOVON Vogelonderzoek Nederland.

Visdief - Natura2000: landelijke doelen en regionale doelen in de Delta

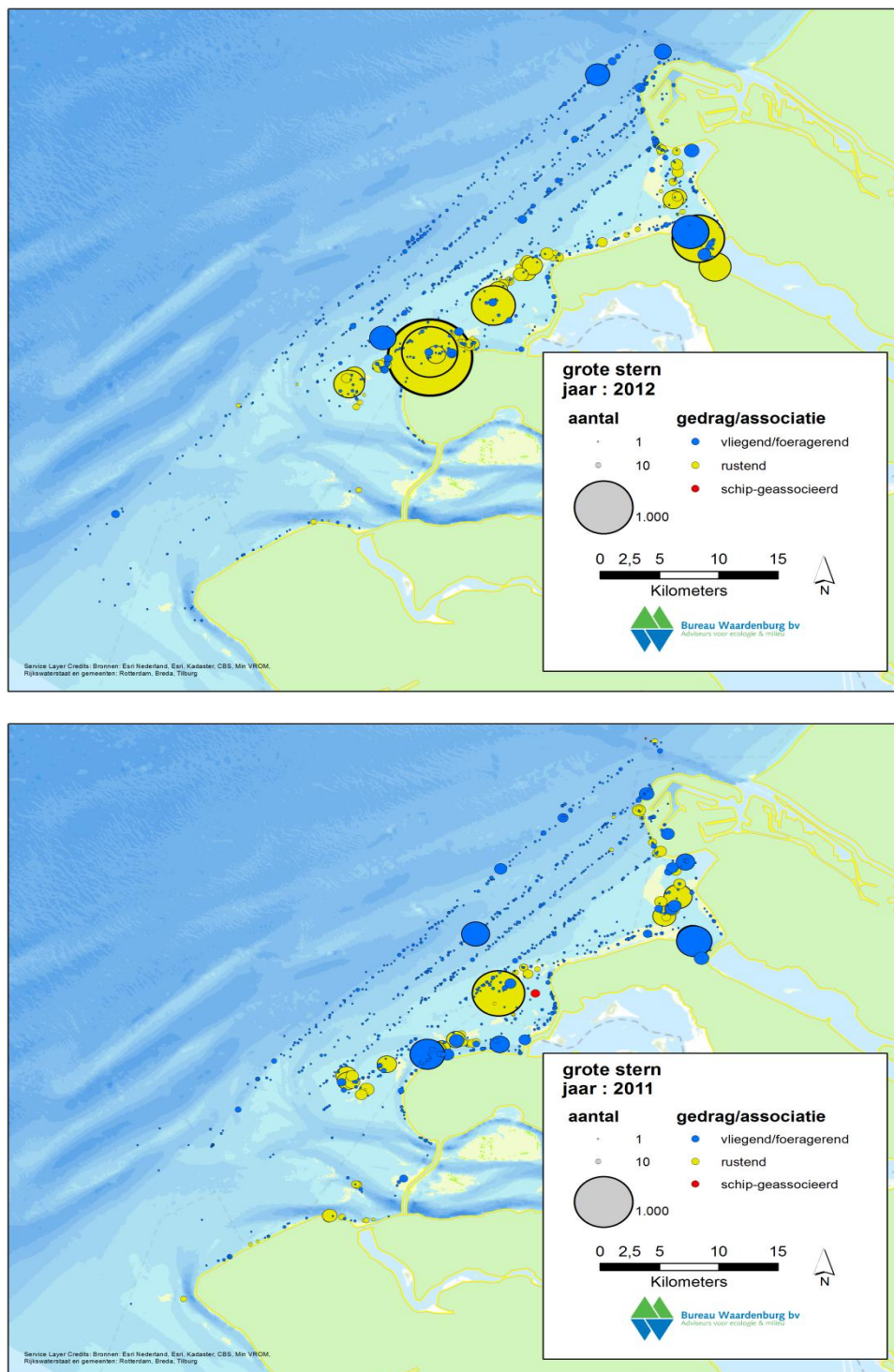
Vanwege het wisselende voorkomen in verschillende Deltawateren zijn voor Natura 2000 de doelstellingen voor de visdief van de verschillende Natura 2000-gebieden in de Delta gecombineerd tot een regiodoel. Westerschelde, Oosterschelde, Grevelingenmeer, Haringvliet, Krammer-Volkerak en Zoommeer zijn aangewezen als Natura 2000-gebied vanwege broedende visdieven. De instandhoudingsdoelstelling voor het Deltagebied bedraagt 6.500 broedparen, waarin ook het aantal broedparen op de Maasvlakte bijdraagt (Troost 2009). Binnen alle Natura 2000-gebieden in de Delta die mede voor de visdief zijn aangewezen, werden in de periode 2003 – 2007 gemiddeld 4.678 broedparen geteld. In deze periode varieerden de aantallen van 2.950 (in 2005) tot 5.716 broedparen (in 2003) (Strucker *et al.* 2008).

Aanvullend werden op de Maasvlakte 300 tot 900 broedparen aangetroffen in de periode 2000 – 2007. Bij elkaar opgeteld ligt het aantal broedparen in de Delta onder het doelaantal van 6.500 broedparen (Troost 2009). Met voortzetting van het huidige beheer zal in het Deltagebied niet worden voldaan aan de instandhoudingsopgave.

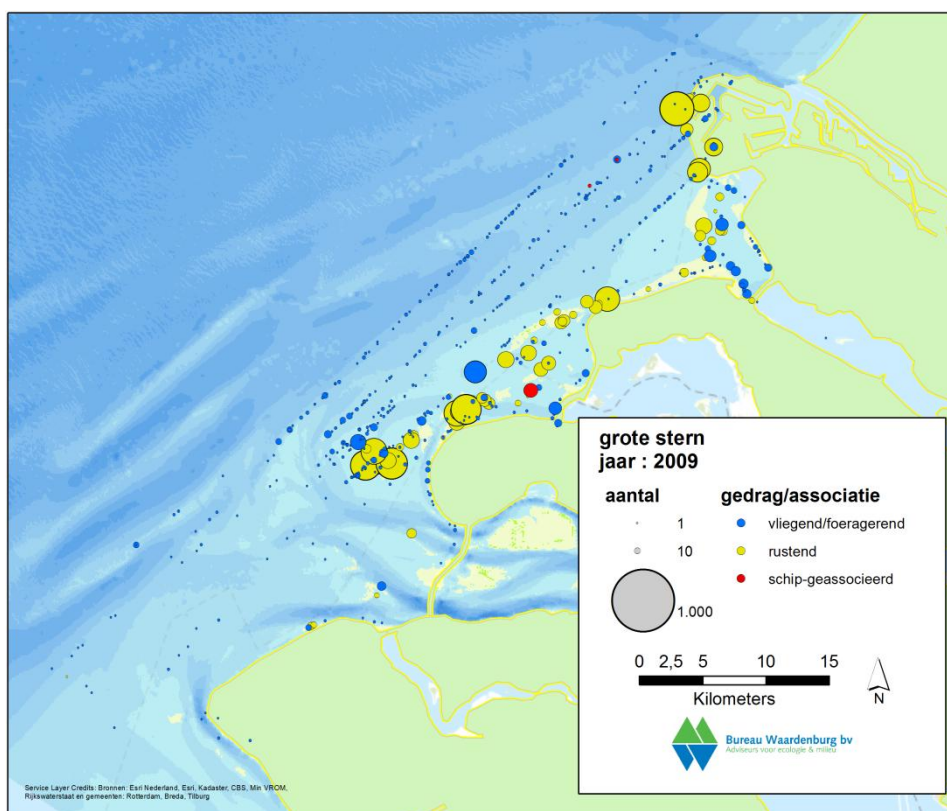
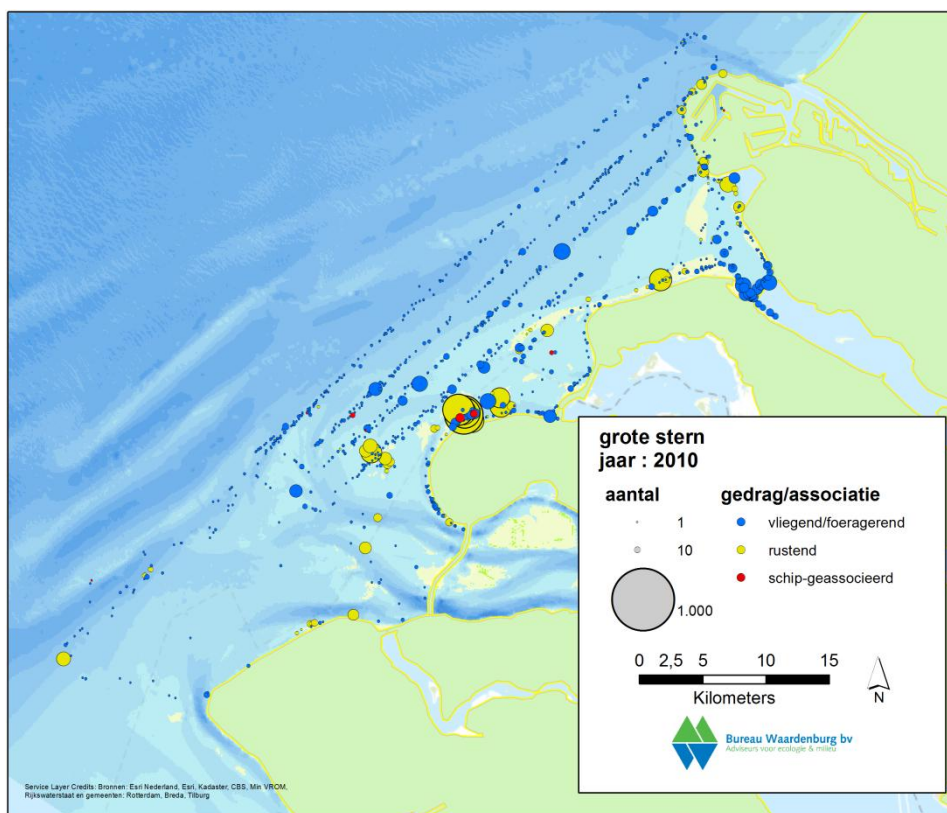
Literatuur

- Arts, F.A., 1996. Het functioneren van (kunstmatige) broedgebieden van kustbroedvogels in het Deltagebied. 1. Veldonderzoek broedseizoen 1996. Rapport 96.71. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Beijersbergen R.B. & Meininger P.L. 1980. De functie van het Deltagebied als broedplaats voor sterns. *Sterna* 24: 79-39.
- Boele A., Van Bruggen J., Van Dijk A.J., Hustings F., Vergeer J.-W. & Plate, C.L. 2011. Broedvogels in Nederland in 2009. SOVON-monitoringrapport 2011/01. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- Bijlsma R.G., Hustings F. & Camphuysen C.J. 2001. Algemene en schaarse van vogels van Nederland (Avifauna van Nederland 2). GMB Uitgeverij/KNNV Uitgeverij, Haarlem/Utrecht.
- Brenninkmeijer A. & Stienen E.W.M. 1992. Ecologisch profiel van de Grote Stern (*Sterna sandvicensis*). RIN-rapport, 92(17). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.
- De Kraker, C. de, 2011. Broedvogels Grevelingen – 2010. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Koeman J.H. 1971. Het voorkomen en de toxicologische betekenis van enkele chloorkool waterstoffen aan de Nederlandse kust in de periode 1965-1970. Proefschrift, Universiteit Utrecht.
- LNv, 2006. Natura 2000 doelendocument. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, versie 1.1
- Meininger, P.L., F.A. Arts & N.D. van Swelm, 2000. Kustbroedvogels in het Noordelijk Deltagebied: ontwikkelingen, knelpunten en potenties. Rapport RIKZ/2000.052. Middelburg.
- Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein, P.A. Wolf & P.L. Meininger, 2008. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2007. Rapport RIKZ/2007.016. Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ, Middelburg.
- Troost, K., 2009. Doelendocument Natura 2000 Deltagebied. Rijkswaterstaat Directie Zeeland en Waterdienst, Middelburg.

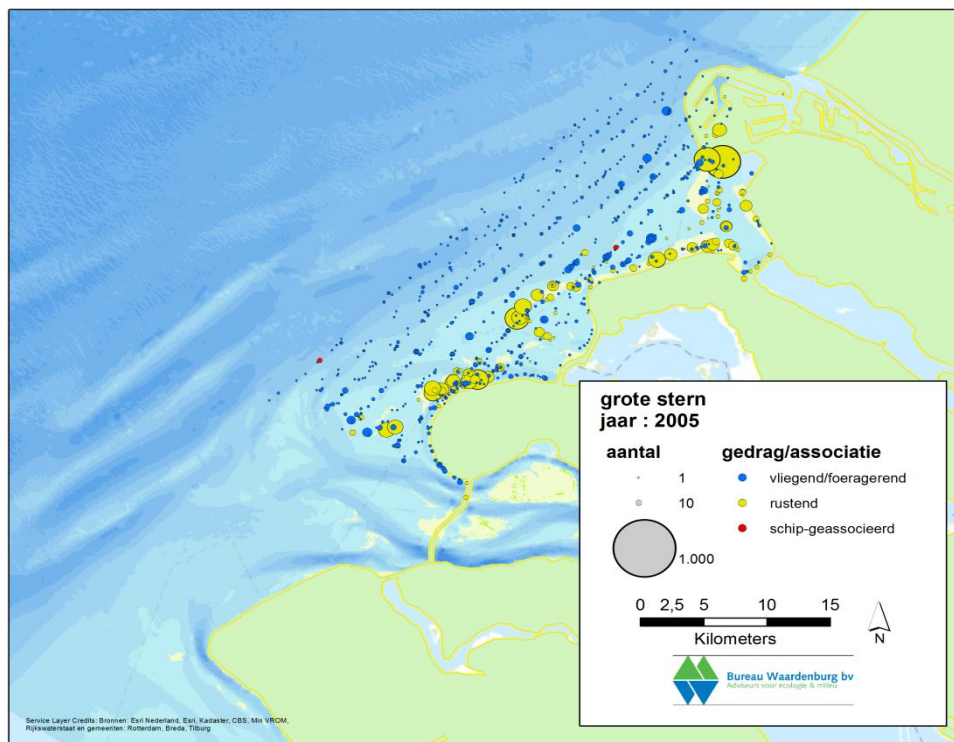
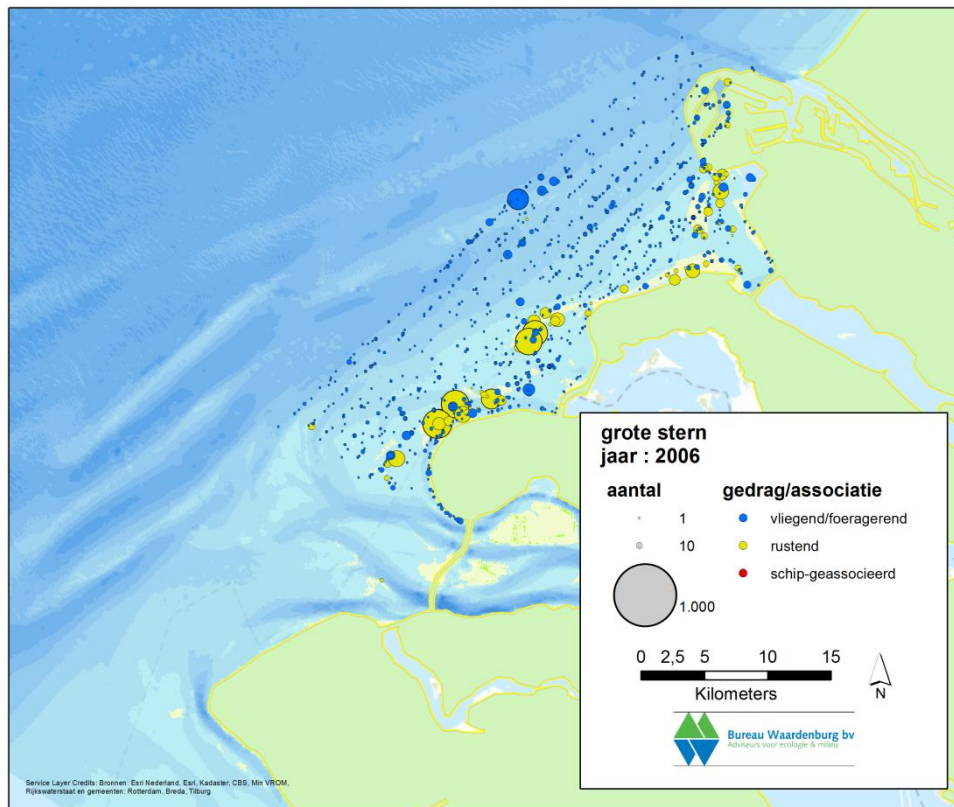
BIJLAGE 7: Verspreidingskaarten per jaar van grote stern en visdief



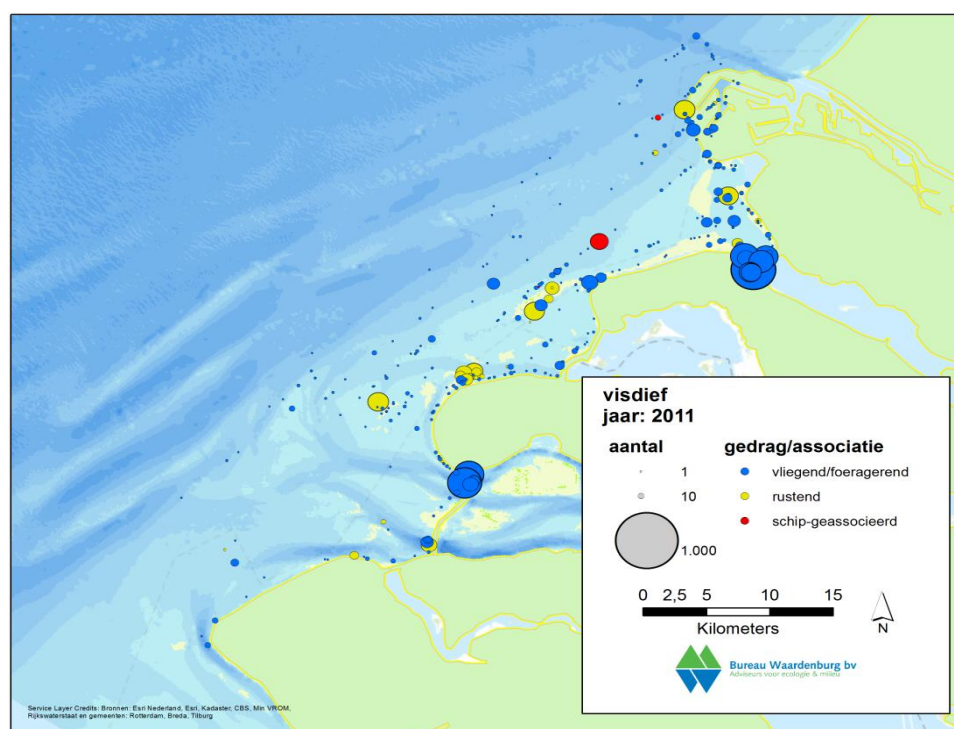
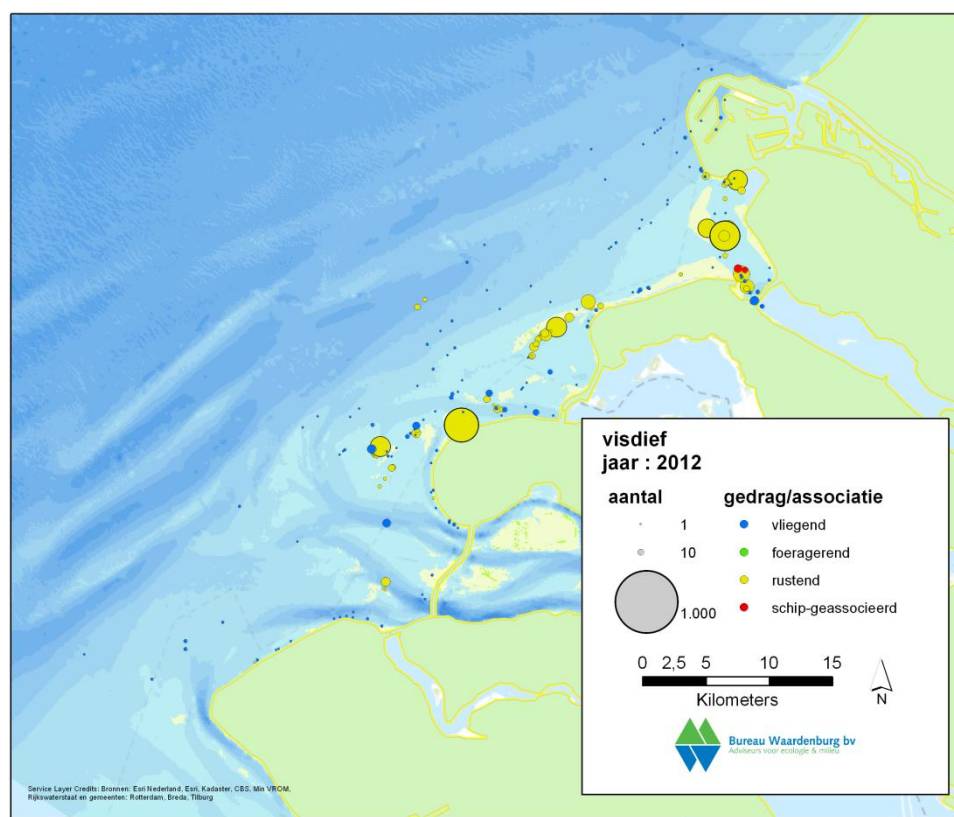
Figuur B-7.1 Cumulatieve verspreiding van grote stern in zomerhalfjaar 2012 en 2011 (april-september).



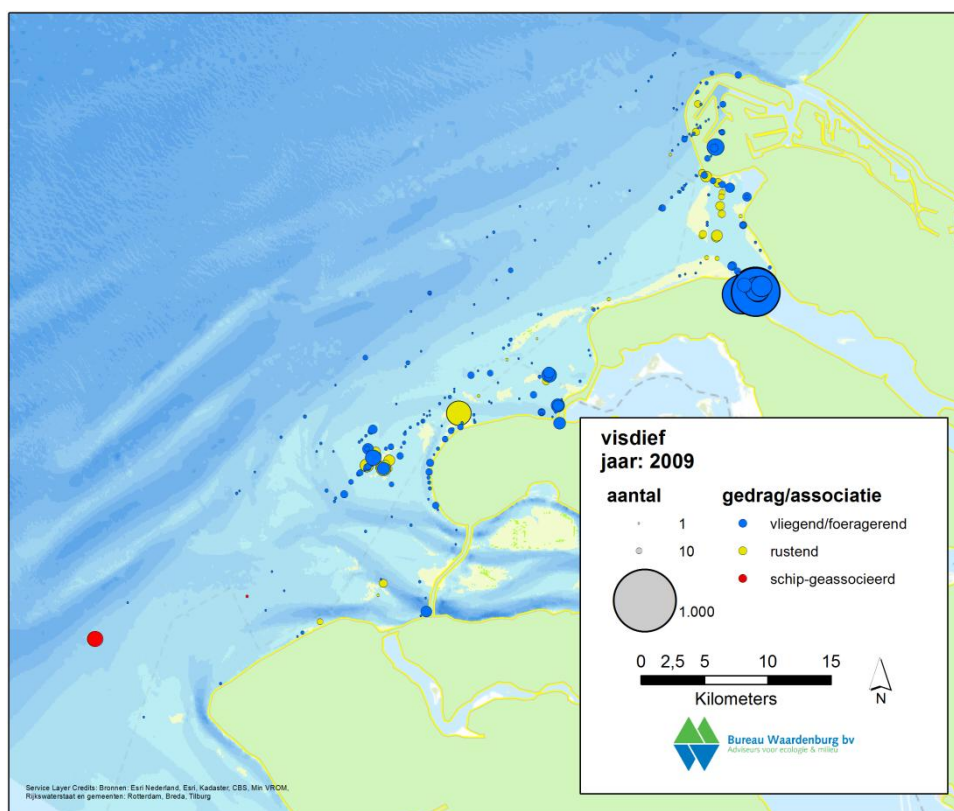
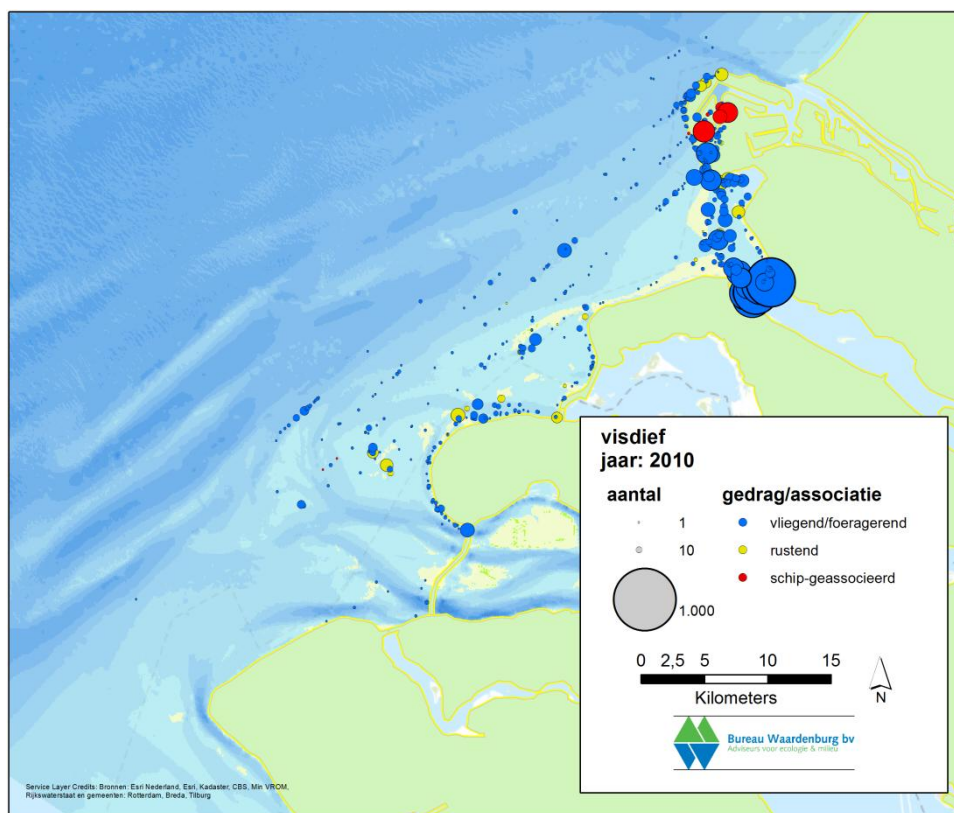
Figuur B-7.2 Cumulatieve verspreiding van grote stern in zomerhalfjaar 2010 en 2009 (april-september).



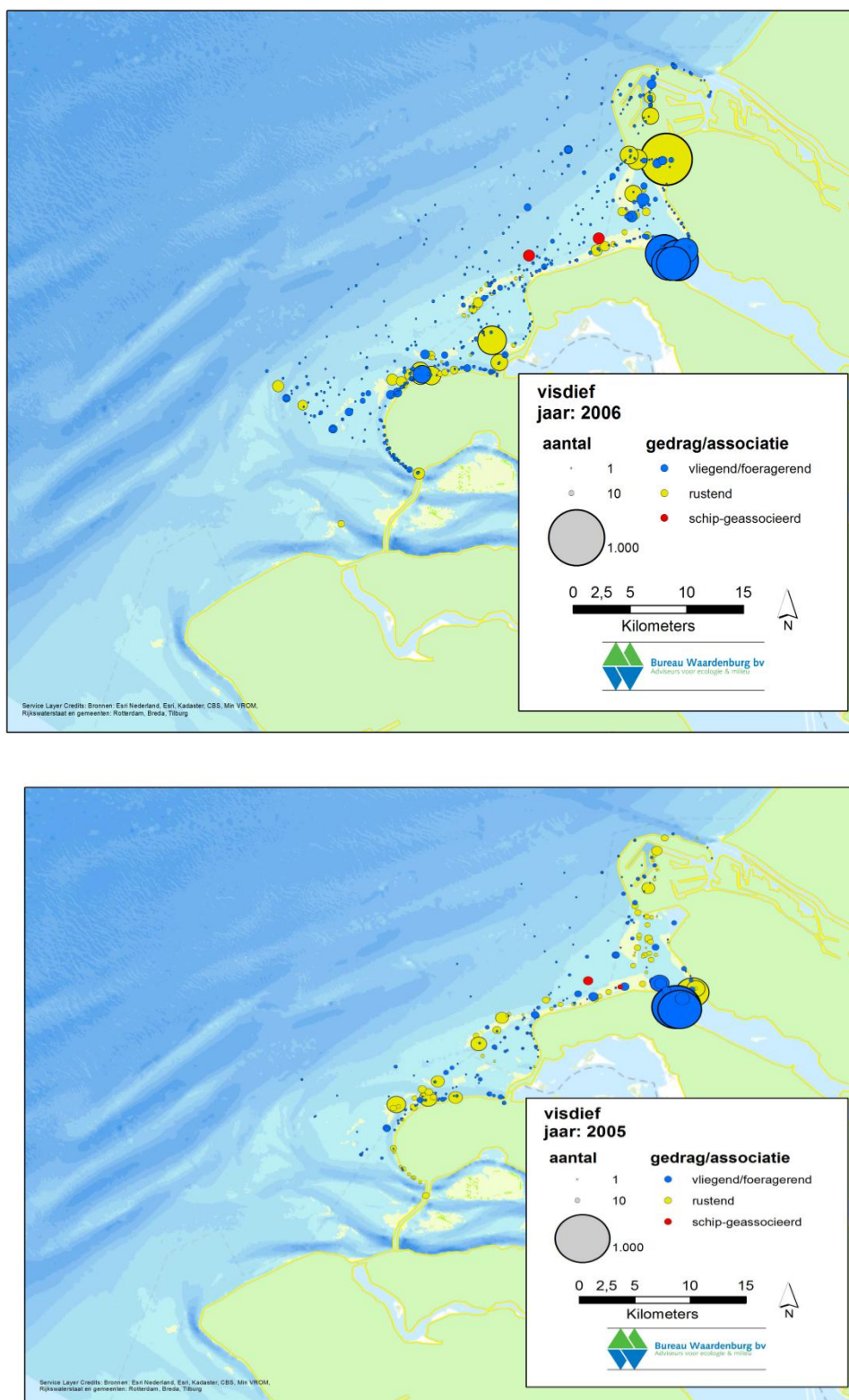
Figuur B-7.3 Cumulatieve verspreiding van grote stern in zomerhalfjaar 2006 en 2005 (april-september).



Figuur B-7.4 Cumulatieve verspreiding van visdief in zomerhalfjaar 2012 en 2011 (april-september).



Figuur B-7.5 Cumulatieve verspreiding van visdief in zomerhalfjaar 2010 en 2009 (april-september).



Figuur B-7.6 Cumulatieve verspreiding van visdief in zomerhalfjaar 2006 en 2005 (april-september).

BIJLAGE 8: Het gebruik van het Verklikkerstrand (Natura 2000-gebied 'Voordelta') als rustgebied door grote sterns – invloed van getij en recreanten

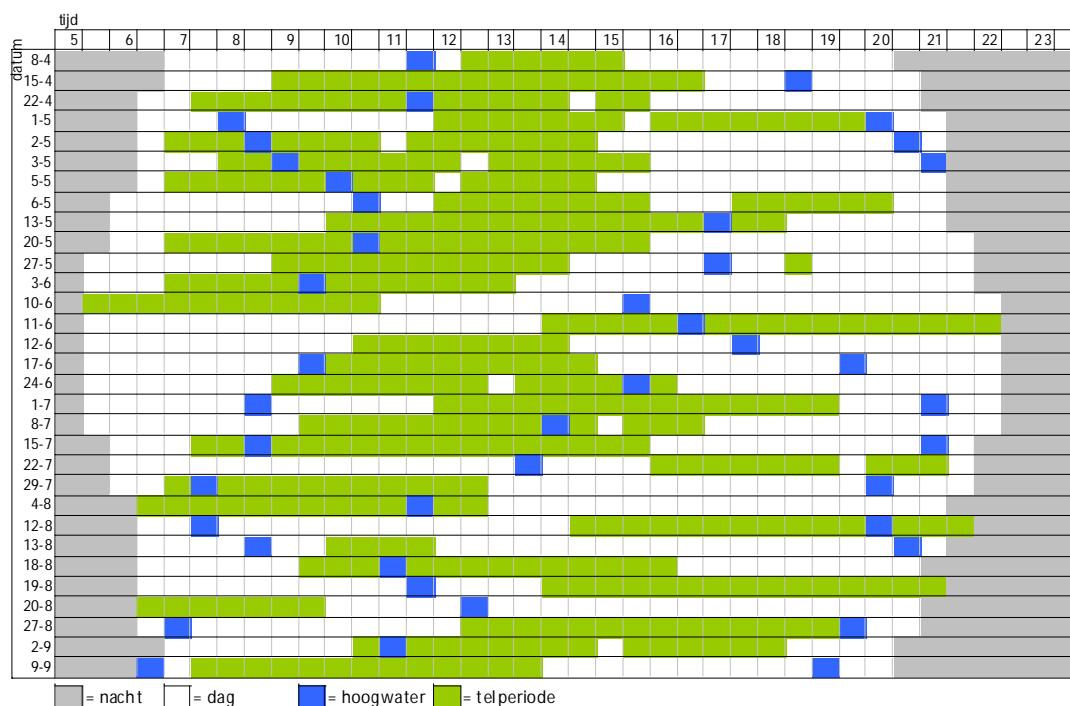
Inleiding

Vanaf eind maart komen grote sterns *Thalasseus sandvicensis* terug uit hun overwinteringsgebieden om te broeden in Nederlandse kolonies. Grote groepen sterns verzamelen zich dan op specifieke plaatsen langs de kust om daarna over de kolonies uit te waaieren. Bekend is het voorverzamen van grote sterns op boeien in de Nederlandse kustzone, of aan de randen van de broedeilanden, maar ook op sommige stranden en zandplaten zijn grote voorverzamelplaatsen (Bijlsma *et al.* 2001). Een voorbeeld van een dergelijke verzamelplaats is het Verklikkerstrand en de aanliggende Verklikkersplaat aan de Noordkant van Schouwen (Zeeland), onderdeel van Natura 2000-gebied 'Voordelta'. In het noordelijk deel van Natura 2000-gebied 'Voordelta' is in 2008 gestart met de aanleg van de Tweede Maasvlakte, een uitbreiding van de Rotterdamse haven. Ter compensatie van het verlies aan foerageerhabitat van onder andere grote sterns heeft de Nederlandse overheid een pakket maatregelen doorgevoerd, waaronder het instellen van specifieke rustgebieden voor vogels. In deze rustgebieden gelden beperkende maatregelen voor zowel recreatie en visserij. Oorspronkelijk was ook de Verklikkersplaat aangewezen als rustgebied, echter specifiek voor zeehonden en niet voor vogels (PBL 2008). Recentelijk is deze status echter opgeheven, ten faveure van de nabijgelegen 'Middelplaat/Platen voor het Watergat', echter uit eerder onderzoek bleek dat de Verklikkerplaat ook van relatief groot belang is voor rustende grote sterns (Poot *et al.* 2006, 2009). Een indicatie van dit belang kwam ook naar voren binnen het monitoringsprogramma, wat de effectiviteit van de genomen compensatie maatregelen in kaart brengt. Binnen dit kader wordt uitgebreid onderzoek verricht aan grote sterns door middel van vliegtuigtellingen op zee, broedbiologisch en dieetonderzoek in de kolonies, en het in kaart brengen van habitatgebruik tijdens foerageervluchten met radiozenders en GPS-loggers.

Een belangrijk onderdeel van dit monitoringsprogramma is het in kaart brengen van de locaties en gebruik van de ingestelde rustgebieden en dit wordt gedaan aan de hand van gegevens uit de vliegtuigtellingen. Deze vliegtuigtellingen worden tweemaandelijks en altijd tijdens laagwater uitgevoerd. Het betreft dus een momentopname tijdens laagwater. Hoe de variatie in aantallen grote sterns in de rustgebieden is gedurende de tijcyclus was een vraag die alleen beantwoord zou kunnen worden door een veel intensiever telprogramma. Daarnaast is de Verklikkerplaat in de periode 2006 tot heden door zandtransport en zeedynamiek steeds meer aan het strand verbonden geraakt. Hierdoor wordt het gebied tijdens voldoende laag water steeds vaker door mensen vanaf het strand bezocht, wat in de zomer potentieel een versturende werking heeft op de rustende grote sterns. Ook de veranderingen in aantallen rustende grote sterns door plaatbezoek kunnen binnen een intensiever telprogramma gedurende het seizoen worden vastgelegd. Tussen april en september 2011 is daarom wekelijks gekeken naar het gebruik van de Verklikkerplaat en strand door rustende grote sterns. Op basis van deze tellingen konden jaar- en dagpatronen in het gebruik van Verklikkerplaat door grote sterns en recreanten vastgelegd worden, om gebruikt te worden om eventuele patronen voorkomend uit de vliegtuigtellingen te verklaren.

Methode

In de periode van 8 april tot 9 september 2011 zijn wekelijks tellingen verricht vanaf de hoogwaterlijn vanaf het Verklikkerstrand (figuur B-8.1). Het Verklikkerstrand en de aangrenzende Verklikkerplaat liggen ten westen van Renesse aan de Noordzeekust van Schouwen-Duiveland, Zeeland. Naast de wekelijkse tellingen zijn op een aantal extra dagen tellingen uitgevoerd (figuur B-8.1), waardoor het totaal aantal velddagen op 31 uitkomt (~192 uur). Het tijdstip van de tellingen is zo gekozen dat er een zo groot mogelijke spreiding is in omstandigheden (ochtend/middag/avond en zowel bij hoog- en laagwater). Elk half uur werden in het hele studiegebied de aantallen grote sterns geteld met behulp van een telescoop (Leica Televid 77). Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen vogels die rusten, foerageren of vliegen. Daarnaast werd met een verrekijker (Bushnell Nature View 8x42) elk half uur het aantal recreanten in het gehele studiegebied geteld. Bij elke telronde werden ook weersgegevens genoteerd, en getijinformatie in het gebied werd verkregen van de dichtsbijzijnde meetpaal van Rijkswaterstaat (Oosterschelde 14; www.getij.nl). Naast deze systematische tellingen werd ook iedere verstoring van grote sterns op de Verklikkerplaat genoteerd. Hierbij is aangegeven of de verstoring kwam door een natuurlijke (bijvoorbeeld andere vogels of golven), niet-natuurlijke (bijvoorbeeld wandelaars of ruiters) of een onbekende oorzaak. Statistische analyses werden gedaan met behulp van IBM SPSS-Statistics 19.0. De getelde aantallen sterns waren niet normaal verdeeld, daarom is gekozen voor een niet-parametrische Spearman's ρ toets te gebruiken voor de analyse van de relatie tussen de verstoringintensiteit en de verstoringdruk.



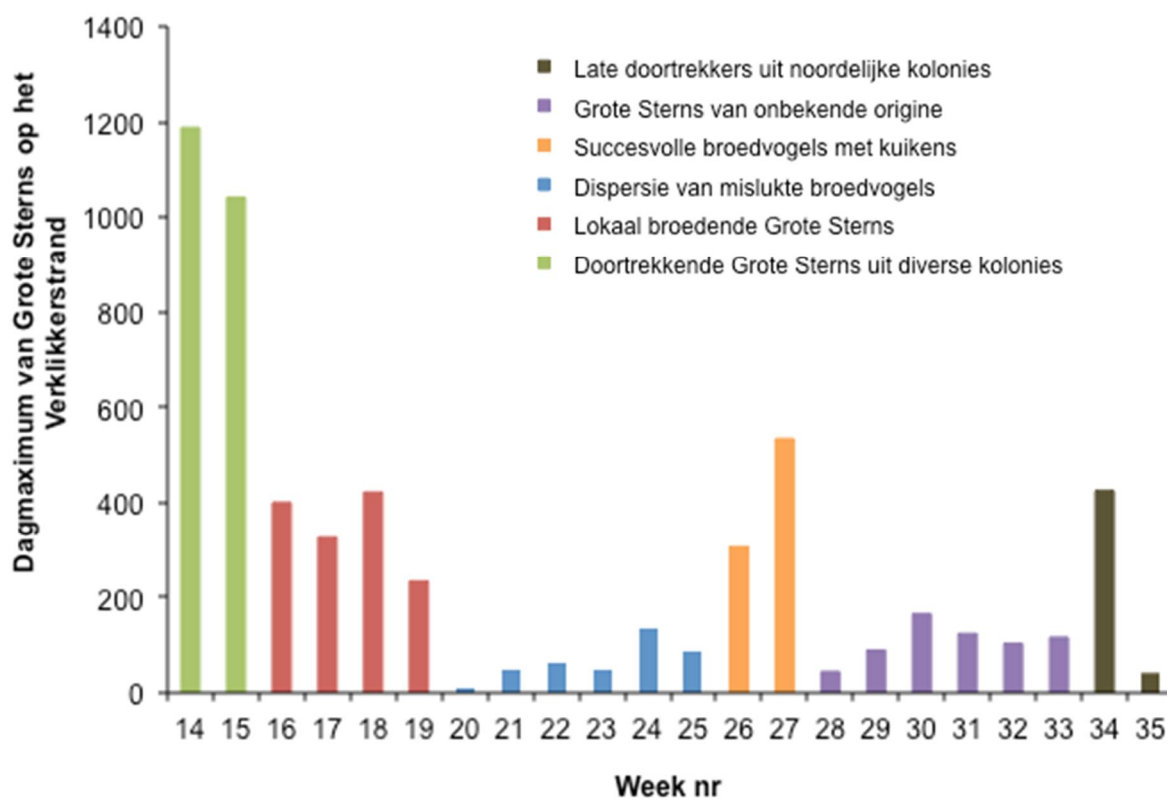
Figuur B-8.1 Overzicht van de tellingen tussen april en september 2011 met de tijd in uren.

Resultaten

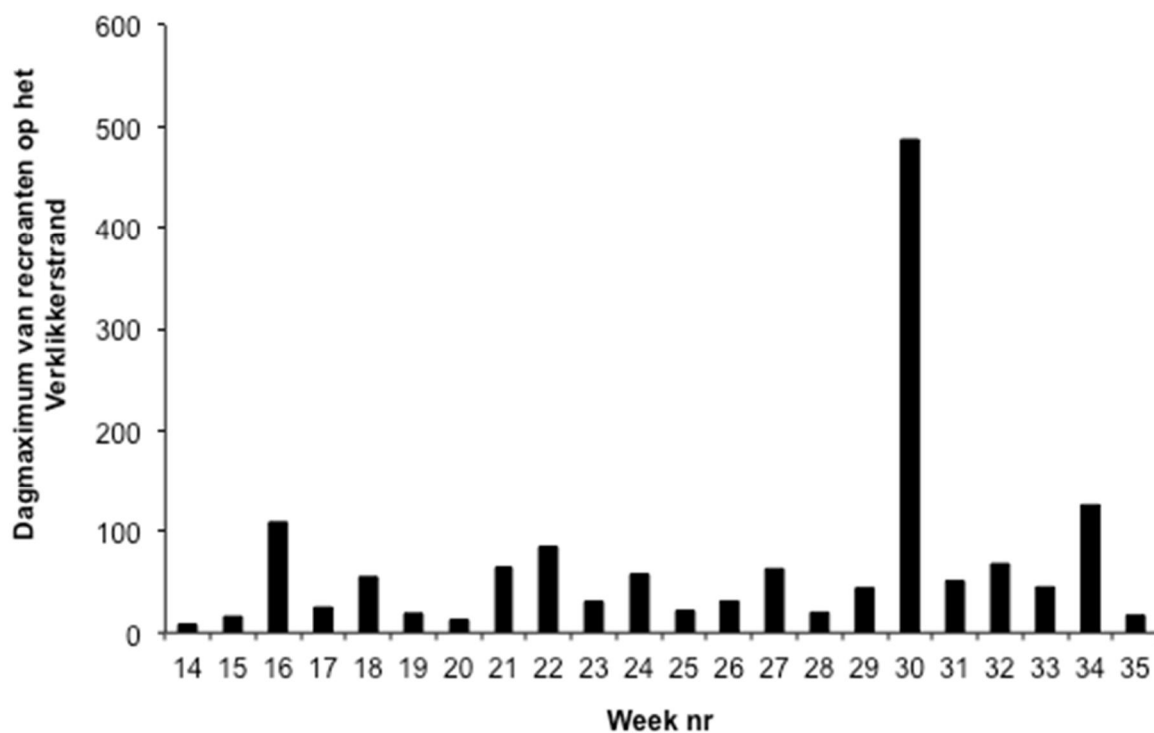
Grote sterns maakten gedurende het gehele seizoen gebruik van het studiegebied om te rusten (figuur B-8.2). Gemiddeld werd per week een maximum van 271 ± 313 (range: 10 – 1188) grote sterns geteld in het gebied. De hoogste aantallen waren aanwezig aan het begin van april, waarna deze eind april weer afnemen tot een minimum eind mei. Daarna nemen de

aantallen geleidelijk weer toe tot een tweede piek half juli. Eind juli is het aantal sterk gedaald en volgt weer een toename met een laatste piek begin september. Naast grote sterns waren ook gedurende het gehele seizoen recreanten of andere gebruiksvormen aanwezig in het studiegebied (figuur B-8.3). Dit waren met name wandelaars, wandelaars met hond, hardlopers, badgasten, ruiters, voertuigen en vliegers. Geen verband werd gevonden tussen de (nominale) aantallen recreanten en de aantallen sterns op de Verklikkersplaat ($r_s = .133$, $n = 22$, $P = 0.556$).

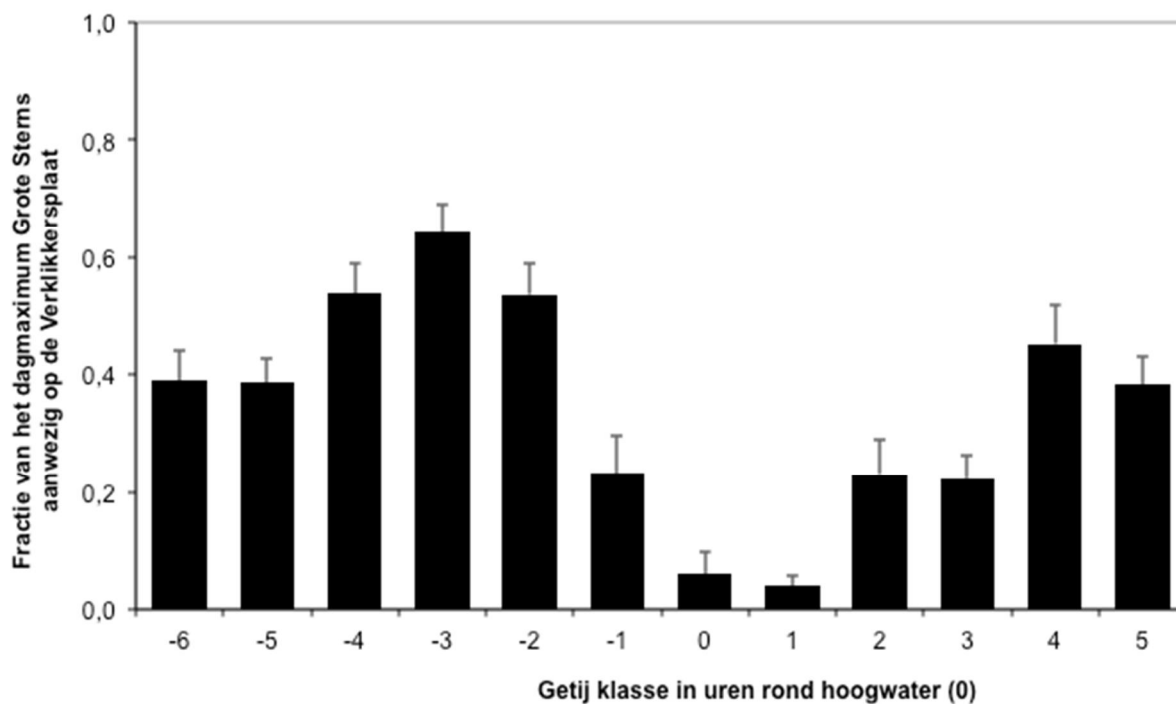
De grootste aantallen grote sterns waren aanwezig tijdens afgaand tij, laag water en opkomend tij (figuur B-8.4). Uitsluitend rond hoog water waren beduidend minder rustende sterns aanwezig, ook omdat de Verklikkersplaat dan helemaal onderwater staat en de vogels alleen terecht kunnen op het Verklikkerstrand. Op een groot aantal dagen waren ook recreanten aanwezig op de droogvallende Verklikkersplaat. Deze zorgden, naast verstoringen door natuurlijke oorzaken, voor verstoringen van de rustende sterns waardoor deze opvlogen. In totaal werden 396 verstoringen waargenomen tijdens 192 uur observatietijd (2,1 verstoring per uur, range: 0 - 4,9), waarvan 53 door een natuurlijke, 135 door niet-natuurlijke, en 208 door een onbekende oorzaak. Natuurlijke verstoringen werden veroorzaakt door golven/hoog water, schrikreacties door meeuwen, Aalscholvers en Rosse Grutto's, en doordat vogels werden opgejaagd door Kleine Mantelmeeuwen, Slechtvalk en Kleine Jager. Niet-natuurlijke verstoringen werden veroorzaakt door wandelaars, zwemmers, vliegers, honden, boten en laagvliegende vliegtuigen en helikopters. In totaal werden acht lage passages van vliegtuigen of helikopters waargenomen, waardoor in 2 gevallen (25%) de vogels opvlogen. Hoe meer recreanten aanwezig waren in het gebied op een dag, hoe meer verstoringsmomenten er waren die dag (figuur B-8.5, $r_s = .550$, $n = 31$, $P < 0.001$). Verstoringen zorgden er in het algemeen niet voor dat sterns het studiegebied verlieten. De vogels vlogen vaak alleen op om buiten het bereik van de verstoringbron weer te landen.



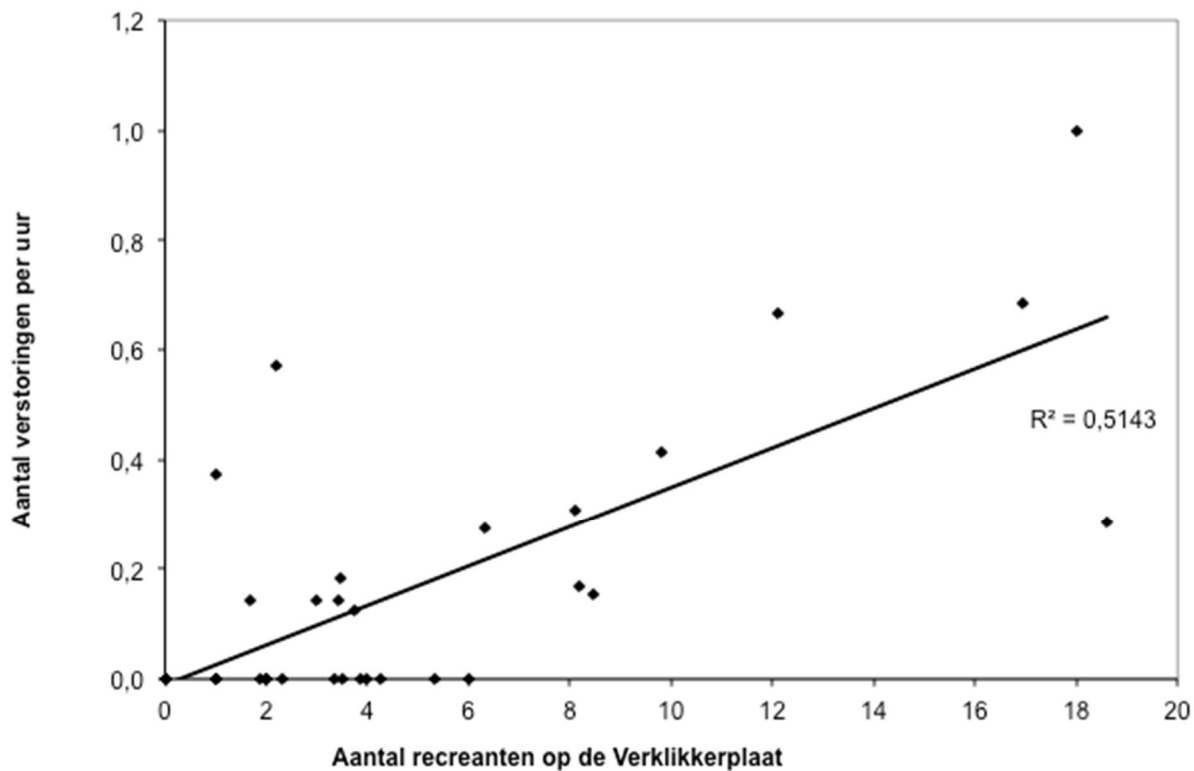
Figuur B-8.2 Maximale aantallen grote sterns per week in het studiegebied in 2011.



Figuur B-8.3 Maximale aantallen recreanten per week in het studiegebied in 2011.



Figuur B-8.4 Fractie van het dagmaximum rustende grote sterns op de Verklipperplaat in relatie tot het getij.



Figuur B-8.5 Toename van verstoring van rustende sterns op de Verklipperplaat door een niet-natuurlijke oorzaak.

Discussie

Jaarpatroon

De variatie in de aantallen rustende grote sterns op de Verklikkerplaat corresponderen met de verschillende fasen in het broedseizoen beschreven door Brenninkmeijer & Stienen (1992), Meininger *et al.* (2005) en de timing die naar voren komt uit het broedbiologisch onderzoek van de compensatie monitoring (zie §5.4.2). Dit betekent dat de piek in begin april waarschijnlijk sterns zijn die in de Voordelta komen broeden, echter de aantallen zijn dermate hoog dat naar verwachting ook vogels die nog op weg zijn naar meer noordelijke kolonies in Nederland en mogelijk ook Duitsland, Denemarken en de Oostzee. De stijging van vogels in de loop van mei en juni zijn waarschijnlijk adulten waarvan het legsel niet gelukt is, of sterns die niet hebben kunnen broeden (zie GPS-logger werk in §5.3.5). De piek van vogels in juli zijn ouders met hun vlieg vlugge jongen die de zee optrekken om te leren foerageren (Brenninkmeijer & Stienen 1992). In augustus stegen de aantallen grote sterns weer met een piek begin september. Allereerst zijn dit mogelijk (terugkerende) lokale vogels, waarvan de meeste eerst naar het noorden trekken alvorens naar het zuiden te gaan (Fijn *et al.* 2011). Maar ook worden deze aangevuld met de vogels langs die uit de kolonies in het noorden, bijvoorbeeld de Waddenzee, Duitsland en Denemarken komen. Zowel in het voorjaar, tijdens het broedseizoen, als in het najaar vormt het Verklikkerstrand en de aangrenzende Verklikkerplaat dus een belangrijke rustplaats voor zowel lokale broedvogels als voor sterns op trek uit andere kolonies in het Noordzee bekken.

Dagpatroon

Vanzelfsprekend speelt het getij een belangrijke rol in de mate waarin grote sterns van droogvallende zandplaten gebruik maken om te rusten, en zeker ook op de Verklikkerplaat. Tijdens hoogwater lag de plaat meestal bijna volledig onder water waardoor er gewoonweg geen ruimte is. Mogelijk was dit ook het moment dat de vogels foerageren, zoals werd vastgesteld in een eerdere studie aan grote sterns waarbij het meeste voedsel in de kolonie werd aangebracht rond hoogwater (Stienen *et al.* 2000). Kort na het eerste droogvallen werd de plaat ingenomen door toenemende aantallen grote sterns. Maar binnen het studiegebied stuurt het getij ook nog via een andere route de verspreiding en aanwezigheid van sterns, namelijk via de toegankelijkheid van de plaat voor recreanten. Ruim 4 uur na hoogwater was de plaat namelijk weer verbonden aan het strand en bereikbaar voor recreanten. Vanaf dit punt daalde ook de fractie van het dagmaximum rustende grote sterns op de Verklikkerplaat weer. Na laagwater nam dit niet direct toe. Dit gebeurde pas na ruim een uur, wanneer de plaat minder goed bereikbaar werd vanaf het strand. Rond drie uur voor hoogwater is de plaat niet meer met het strand verbonden en dan waren ook maximale aantallen rustende grote sterns op de plaat te zien.

Binnen dit onderzoek werd geen duidelijke relatie gevonden tussen het aantal rustende grote sterns op de plaat en het nominale aantal recreanten aanwezig. De variatie in het aantal grote sterns in het studiegebied werd voornamelijk bepaald door het seizoen zoals hierboven is beschreven. Wel nam het aantal verstoringen per uur significant toe onder invloed van het aantal recreanten in het gebied. Verstoring gedrag kan verschillende gevolgen hebben voor strand-bewonende vogels zoals verminderd foerageergedrag (Burger 1994), of verminderd broedsucces (Schulz & Stock 1993), echter beide functies heeft het studiegebied niet voor grote sterns. Verstoring van rustgebieden werd eerder aangetoond voor Visdieven (Sapoznikov *et al.* 2002), echter daar verlieten de vogels de

rustgebieden onder invloed van recreatie. De grote sterns op de Verklikkersplaat daarentegen bleven zitten ondanks de verstoring, zelfs terwijl andere (ogenschijnlijk) geschikte platen (Middelplaat/Platen voor het Watergat, Bollen van het Nieuw Zand, Bollen van de Ooster) nabij zijn. En op deze platen is de verstoringdruk veel lager dan in het Verklikkergebied, dus de Verklikkersplaat heeft een duidelijke grote aantrekkingskracht voor rustende sterns.

Gevolgen voor resultaten vliegtuigtellingen

Aan de hand van vliegtuigtellingen tijdens laagwater wordt binnen de compensatie monitoring de locatie en het gebruik van rustgebieden in kaart gebracht. Dit is ook een moment dat rustende grote sterns gebruik maken van de platen, echter uit dit onderzoek blijkt dat de maximale aantallen vaak pas vanaf twee uur na laagwater vastgelegd op de platen. Dat tijdens laagwater de plaat ook bereikbaar is voor recreanten, leidt niet tot lagere aantallen sterns, alleen maar voor vaker verstoorde sterns. Het is echter zo dat de sterns bij verstoring door mensen alleen even opvliegen en verderop weer landen. Verstoring door mensen zal dus geen gevolgen hebben voor de getelde aantallen in het gebied vanuit het vliegtuig. Eenzelfde verhaal gaat op voor verstoring door het vliegtuig zelf. Deze zal minimaal zijn, omdat de verstoring vaak kort duurt, en ook verlaten de vogels het gebied niet waardoor ze toch goed geteld worden.

Literatuur

- Brenninkmeijer, A. & E.W.M. Stienen, 1992. Ecologisch profiel van de grote stern (*Sterna sandvicensis*). RIN-rapport 92/17. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem.
- Burger, J., 1994. The effect of human disturbance on foraging behavior and habitat use in piping plover (*Charadrius melodus*). Estuaries 17: 695-701.
- Fijn, R.C., Wolf, P.A., Courtens, W., Poot, M.J.M. & Stienen, E.W.M. 2011. Post-breeding dispersal, migration and wintering of Sandwich Terns *Thalasseus sandvicensis* from the southwestern part of the Netherlands. Sula 24: 121-135. [In Dutch, English summary and figure captions]
- Meininger, P.L., M.S.J. Hoekstein, S.J. Lilipaly & P.A. Wolf, 2005. Broedsucces van kustbroedvogels in het Deltagebied in 2004. Rapport RIKZ/2005.02. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), 2008. Natuurcompensatie in de Voordelta bij de aanleg van de Tweede Maasvlakte. Achtergrondrapport bij de Natuurbalans 2008. PBL Rapport 500402011/2008. Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven.
- Poot, M.J.M., C. Heunks, H.A.M. Prinsen, P.W. van Horssen & T.J. Boudewijn 2006. Zeevogels in de Voordelta in 2004/2005 en 2005/2006. Nulmeting in het kader van Monitoring en Evaluatie Programma, Project Mainport Rotterdam – MEP MV2 (Perceel 4: Vogels). Rapport 06-244 Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Poot, M.J.M., R.G. Verbeek & R.R. Smits, 2009. Natuurtoets effecten van extreme sporten op natuurwaarden in de Voordelta. Een beoordeling in het kader van de Natuurbeschermingswet 1998. Rapport 09-004 Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Sapoznikov, A., A. Vila, J. Lopez de Casenave & P. Vuillermoz, 2002. Abundance of Common terns at Punta Rasa, Argentina; a major wintering area. Waterbirds 25: 378-381.
- Schultz, R. & M. Stock, 1993. Kentish Plovers and tourists: competitors on sandy coasts? Wader Study Group Bull. 68: 83-91.
- Stienen, E.W.M., P.W.M. van Beers, A. Brenninkmeijer, J.M.P.M. Habraken, M.H.J.E. Raaijmakers & P.G.M. van Tienen, 2000. Reflections of a specialist: patterns in food provisioning and foraging conditions in Sandwich Terns *Sterna sandvicensis*. Ardea 88: 33-49.

Verantwoording

Het veldwerk en analysewerk voor deze studie is uitgevoerd door Maaïke Smelter als onderdeel van een stage bij Bureau Waardenburg. Een enkele velddag is overgenomen door Pim Wolf (*Delta ProjectManagement*).

BIJLAGE 9: Veranderingen plaatmorfologie in Voordelta

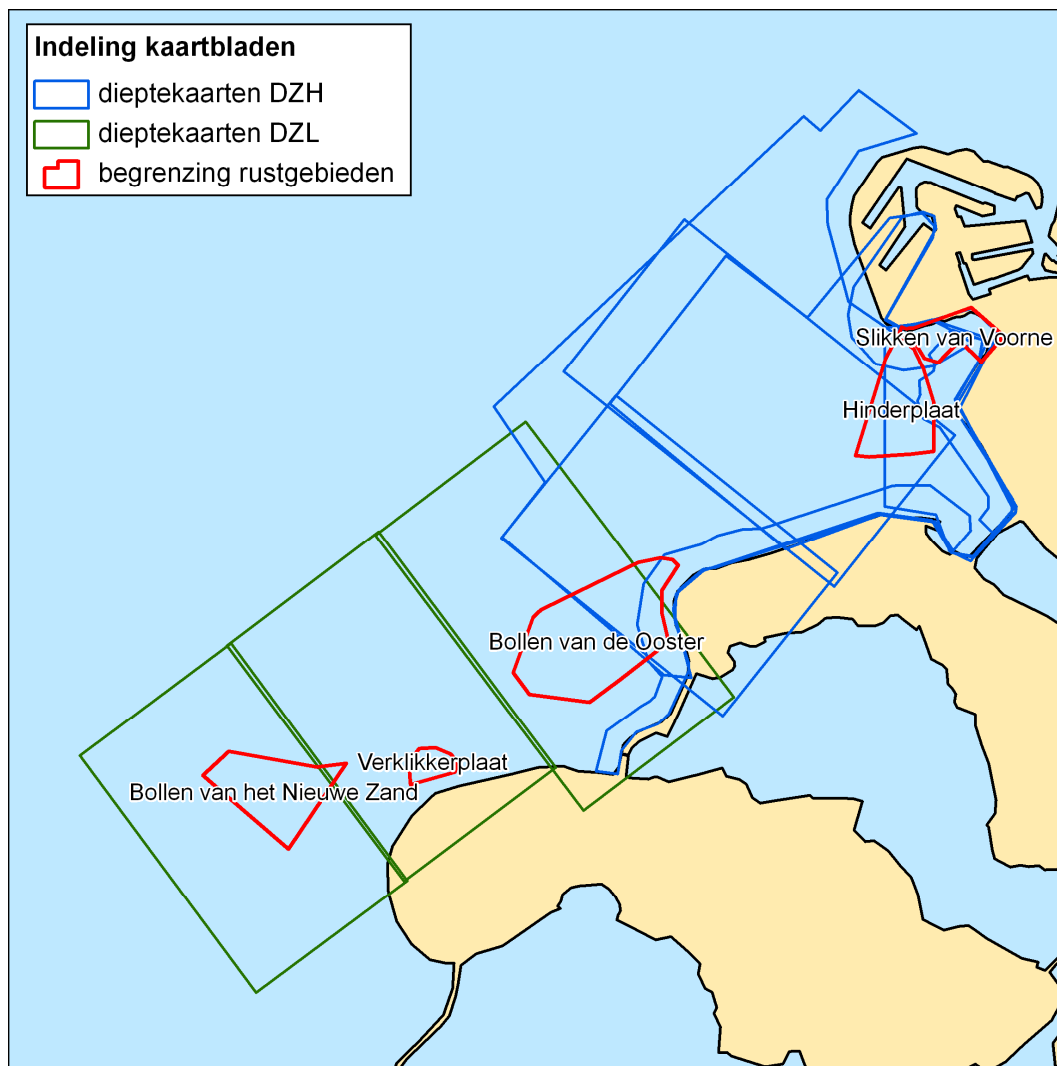
Inleiding

In aanvulling op Perceel Abiotiek is een module uitgevoerd om de veranderingen in plaatmorfologie in de Voordelta in kaart te brengen. Het gaat hierbij specifiek om de veranderingen in plaatareaal van de rustgebieden voor sterns en in het onderwaterprofiel voor foeragerende zwarte zee-eenden. Eventuele trendmatige veranderingen zouden een rol kunnen spelen bij veranderingen in de aantallen sterns rustend op platen (door bijvoorbeeld een veranderende droogligduur) en foeragerende zee-eenden in het open water gebied (door een veranderende duikdiepte).

Methode

Dieptekaarten Voordelta

Rijkswaterstaat Dienst Zeeland (DZL) en Dienst Zuid-Holland (DZH) hebben verschillende dieptekaarten beschikbaar gesteld, in raster formaat (ESRI-grid en ascii). De dieptekaarten zijn geleverd als losse 'kaartbladen' die gedeeltelijk overlappen (zie kaart). De pixel resolutie van de rasterbestanden varieert tussen de 1x1 en 20x20 m. Van de Zeeuwse kust zijn dieptegegevens beschikbaar vanaf 1960, de Zuid-Hollandse kust vanaf 2000. Van de Zuid-Hollandse data is bekend in welke maand de dieptemeting heeft plaatsgevonden. Van de Zeeuwse data is alleen het jaar bekend.



Figuur B-9.1 Overzicht kaartbladen dieptekaarten RWS Dienst Zuid Holland (DZH) en Dienst Zeeland (DZL).

Voor de verschillende platen (Verklipperplaat, Bollen van de Ooster en Hinderplaat, Slikken van Voorne) is bekeken van welke jaren er een min of meer dekkend beeld beschikbaar is. Beschikbare kaarten zijn zoveel mogelijk samengevoegd tot composiet dieptekaarten (één dieptekaart per jaar). Van deze jaren zijn de dieptekaarten onderling vergeleken. Er zijn verschilkaarten gemaakt die de veranderingen in bodemhoogte tussen beschikbare jaren in beeld brengen. Verder is voor de dieptekaarten het areaal per diepteklasse (=droogvalduur klasse) berekend. Naast de veranderingen in areaal wordt de verplaatsing van de platen beoordeeld en vergeleken met de aangewezen rustgebieden. Aangezien er voor veel van de dieptekaarten gedeeltes van platen niet dekkend zijn opgenomen (in sommige jaren ontbreken de ondiepe gebieden) geeft het areaal per diepteklasse soms een vertekend beeld. Daarom zijn er aanvullend dwarsprofielen gemaakt om de hoogteontwikkeling en verschuiving van platen inzichtelijk te maken.

LANDSAT Satellietbeelden Voordelta

Een alternatieve methode om de ontwikkelingen van de platen in beeld te brengen is de analyse van satellietbeelden. Voordeel van het gebruik van satellietbeelden is dat er van meerdere jaren en van verschillende seizoenen een inschatting van ligging, vorm en areaal van de platen kan worden gegeven. Sinds een aantal jaar is het gehele archief met LANDSAT satellietfoto's vrij beschikbaar gesteld voor gebruik. LANDSAT 5 (TM) en

LANDSAT 7 (ETM+) satellietbeelden hebben voldoende nauwkeurigheid om de ontwikkeling van platen mee te kunnen beoordelen. Bovendien is van deze beelden de exacte opnametijd bekend zodat de bijbehorende waterstand opgezocht kan worden en de plaatvormen bij een gelijke waterstand vergeleken kunnen worden.

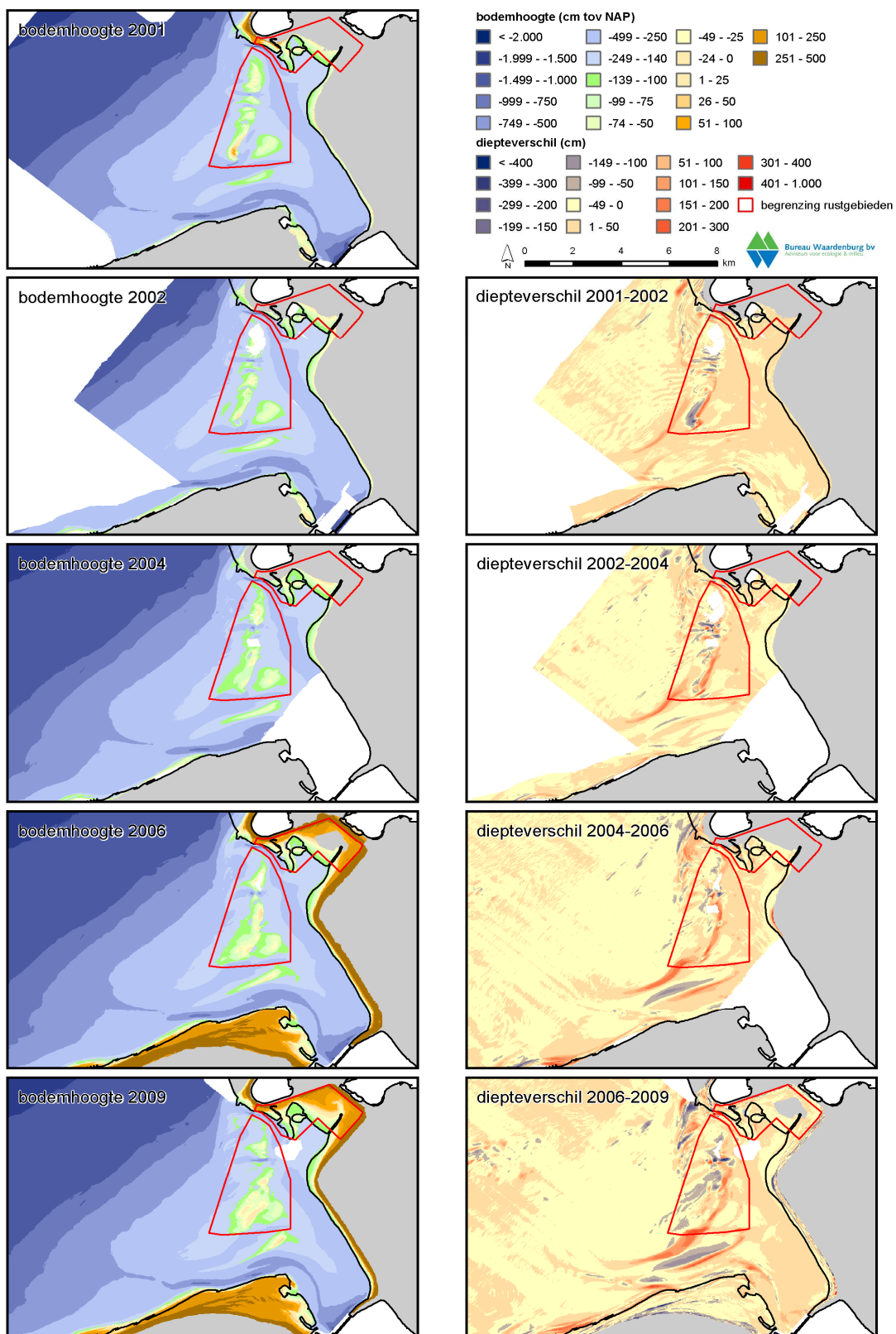
Via de USGS website <https://earthexplorer.usgs.gov/> is beoordeeld welke grotendeels wolkenvrije satellietbeelden er beschikbaar zijn van de Voordelta (Path 199, Row 024). In totaal zijn er 69 (gedeeltelijk) wolkenvrije satellietbeelden gedownload van zowel Landsat 5 (met een pixelresolutie van 30 m) als Landsat 7 (pixelresolutie 15 m) van de periode van 01-2004 tot 05-2012. Elk van deze beelden is op basis van het bekende moment van opname gekoppeld met de getijdetabel van locatie Brouwershavensche Gat 08. Per satellietbeeld is de waterstand bekeken en vergeleken met de laagste laagwaterstand (LLWS, -1,40 m NAP). Alle foto's met een waterstand tot een één meter boven LLWS zijn geselecteerd voor verdere analyse (42 foto's). Per satellietfoto is bekeken welke plaat voldoende zichtbaar was om in te tekenen. Op deze foto's worden de zichtbare platen (Verklikkerplaat, Plaat van het Watergat, Bollen van de Ooster, Hinderplaat en Slikken van Voorne) als polygonen ingetekend in ArcGIS. Vervolgens is per waterstandsklasse van 10 cm bekeken hoeveel satellietfoto's er beschikbaar zijn om onderling te kunnen vergelijken.

Resultaten

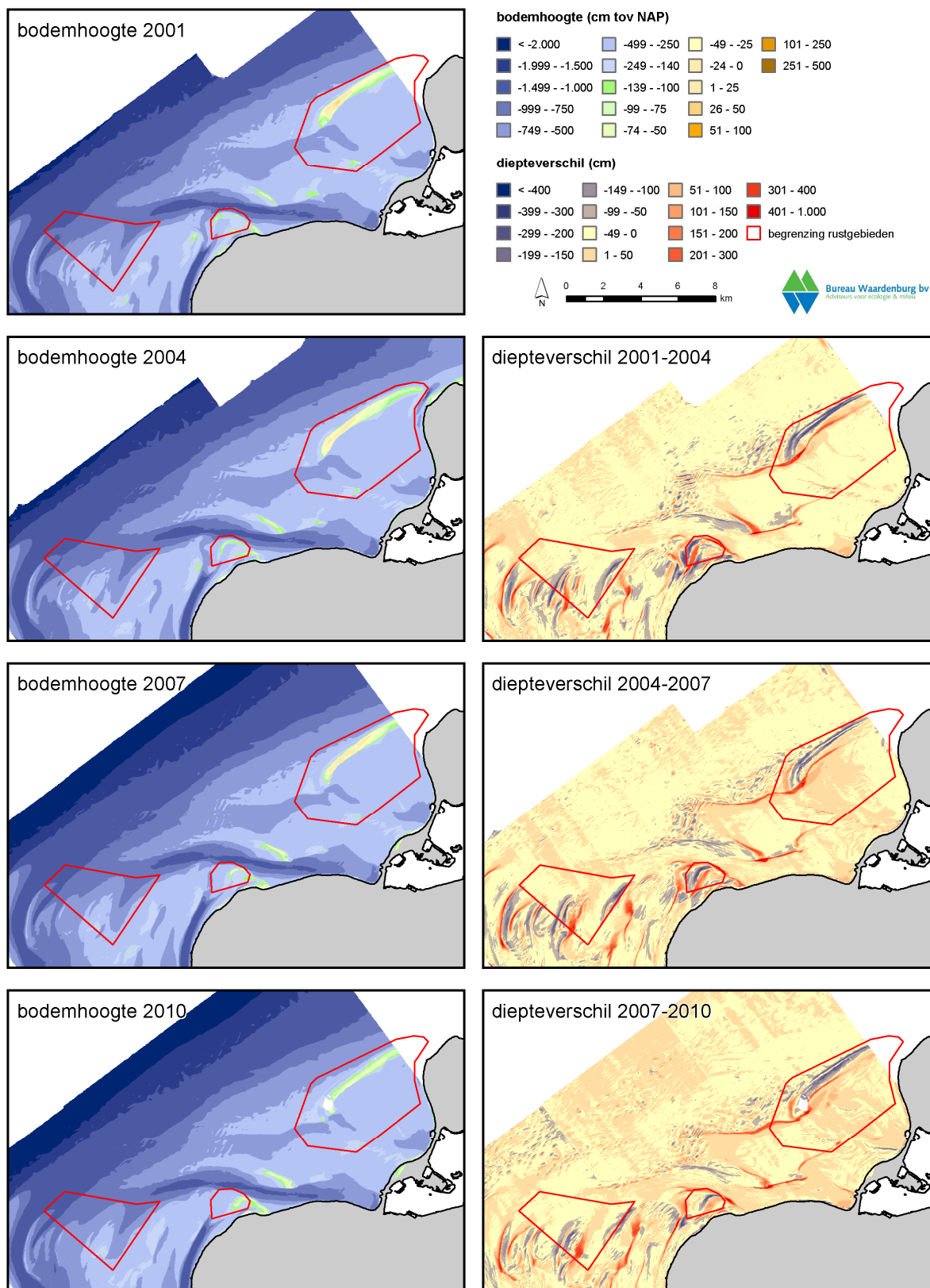
Dieptekaarten Voordelta

Voor de platen voor de kust van Schouwen en Goeree (Bollen van het Nieuwe Zand, Verklipperplaat, Bollen van de Ooster) zijn er dieptekaarten van 2001, 2004, 2007 en 2010. De meest oostelijke punt van de Bollen van de Ooster valt net buiten de dieptekaarten (behalve voor 2004).

Voor de platen in de Haringvlietmonding (Hinderplaat en Slikken van Voorne) zijn dieptekaarten beschikbaar van 2001, 2002, 2004, 2006 en 2009. Bij de Slikken van Voorne zijn voor de meeste dieptekaarten alleen de lagere delen aan de zuid-westkant beschikbaar. Hierdoor is het lastig om op basis van deze data uitspraken te doen over ontwikkelingen in areaal van verschillende diepteklassen voor dit gebied.

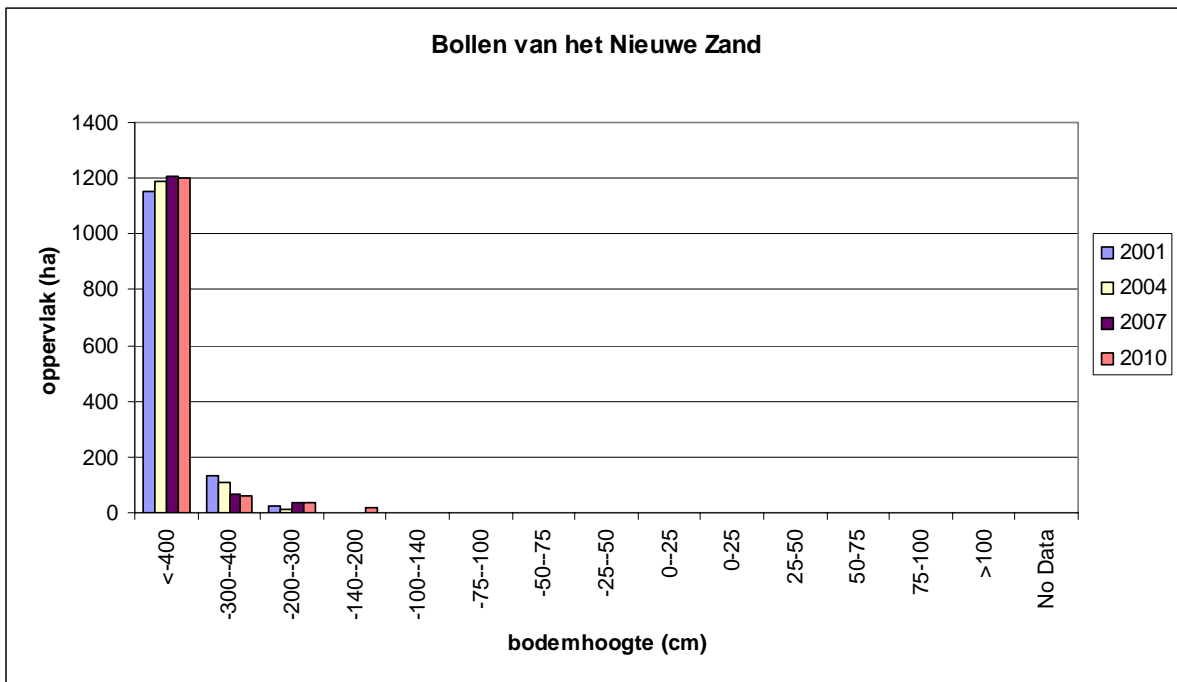


Figuur B-9.2 Ontwikkeling bodemhoogte Haringvlietmonding van 2001 tot 2009.



Figuur B-9.3 Ontwikkeling bodemhoogte platen ten westen van Goeree-Schouwen van 2001 tot 2010.

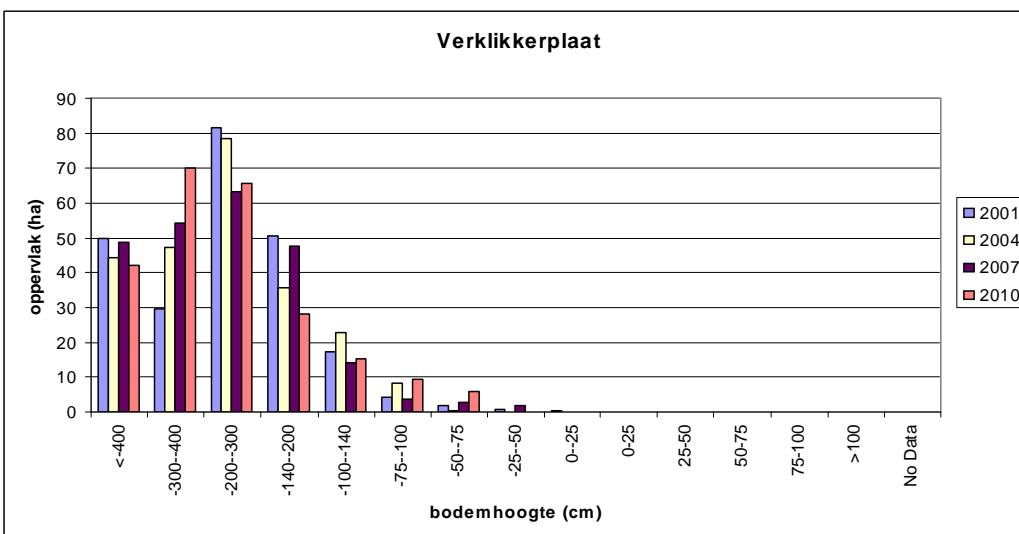
Ontwikkeling Bollen van het Nieuwe Zand



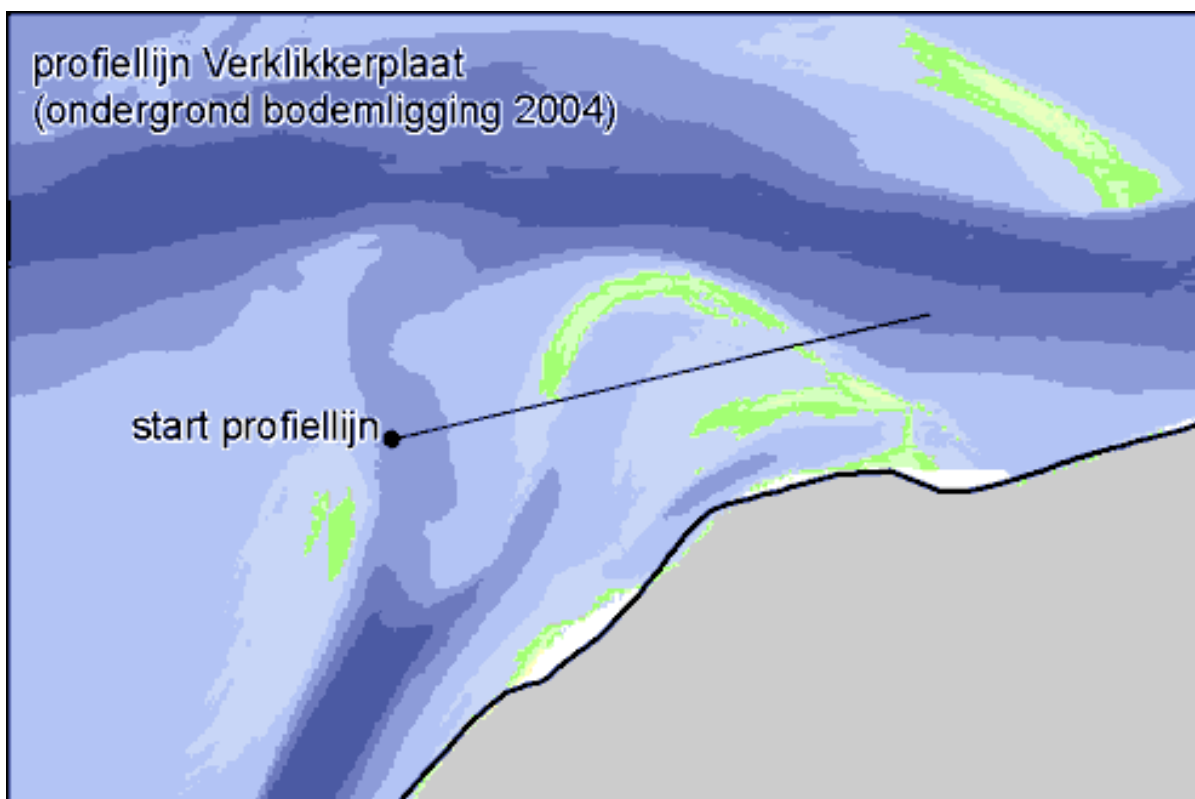
Figuur B-9.4 Ontwikkeling van oppervlakte van de Bollen van het Nieuwe Zand ten opzichte van bodemhoogte tussen 2001 en 2010.

Er is over het gehele rustgebied gezien relatief weinig veranderd wat betreft het areaal van de verschillende diepteklassen. Wel zijn er zoals in de verschilkaarten te zien is met name aan de zuid-westkant plaatselijk vrij grote verschillen tussen de jaren (van +3 meter tot -4 meter) wat duidt op een zeer dynamische bodem. De relatief ondiepe ruggen die dwars op de kust liggen verplaatsen zich langzaam richting oost.

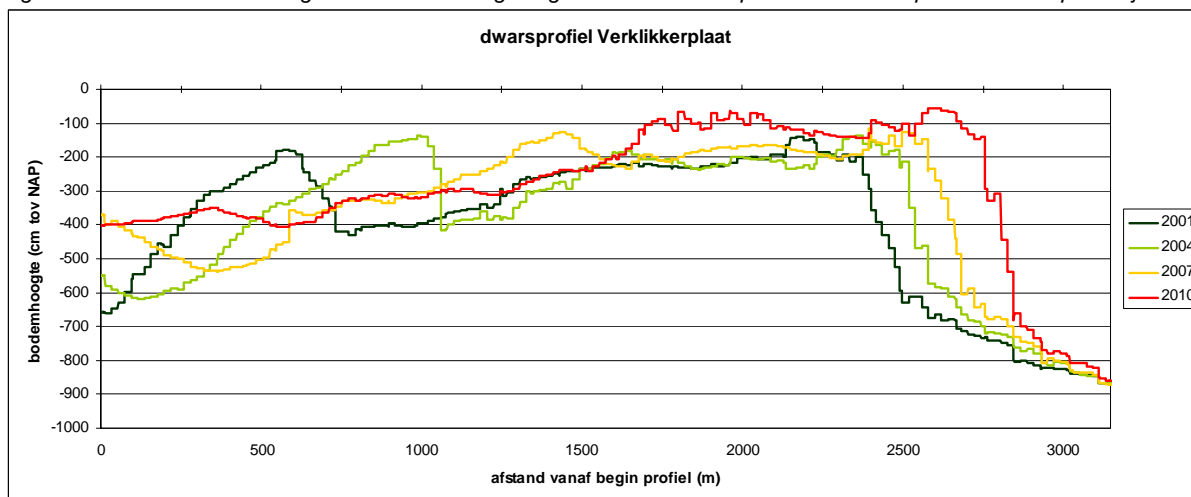
Ontwikkeling Verklipperplaat



Figuur B-9.5 Ontwikkeling van oppervlakte van de Verklipperplaat ten opzichte van bodemhoogte tussen 2001 en 2010.



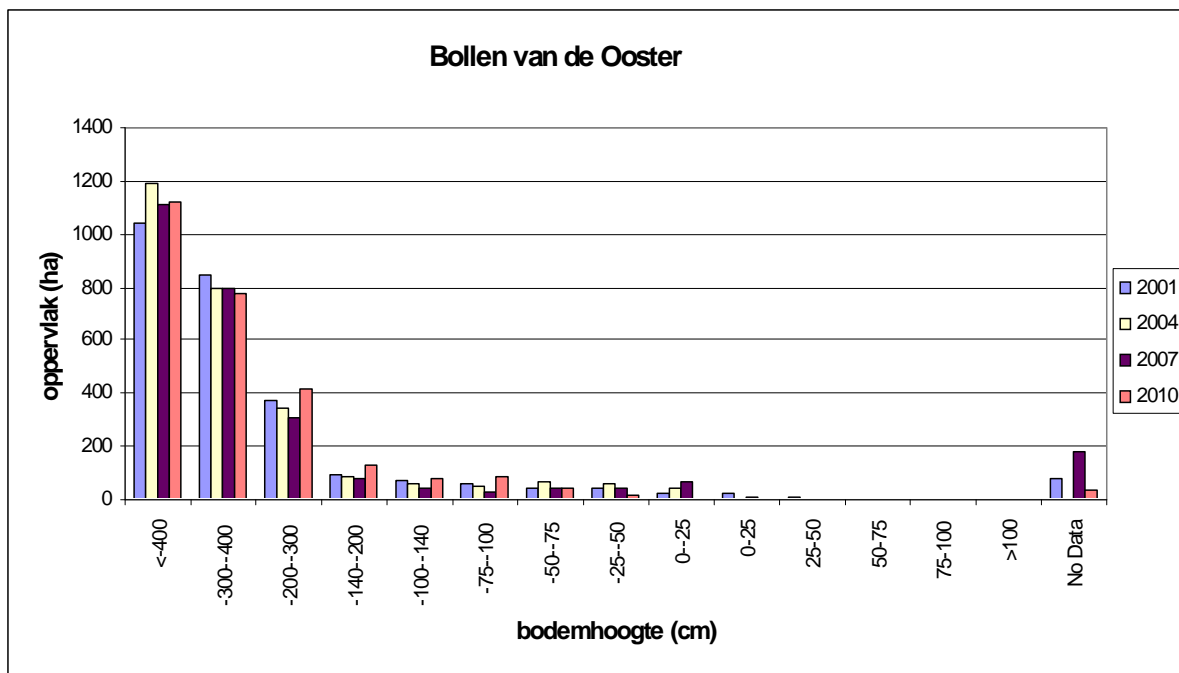
Figuur B-9.6 Bodemhoogtekaart van de omgeving van de Verklipperplaat met de startpositie van de profiellijn.



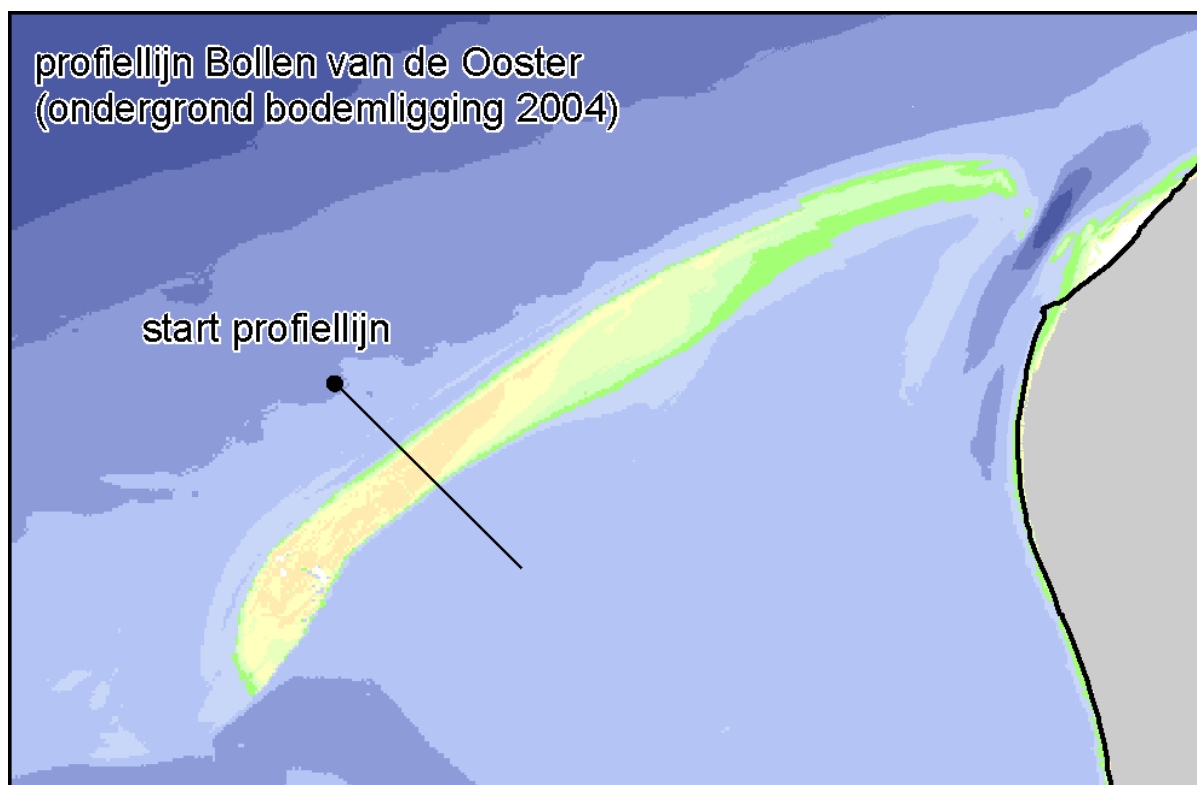
Figuur B-9.7 Ontwikkeling dwarsprofiel van de Verklipperplaat tussen 2001 en 2010.

De plaat verschuift vrij snel richting oost-zuidoost en ligt volgens de meest recente dieptekaart (2010) grotendeels buiten de begrenzing van het rustgebied. De kop van de plaat is in de periode 2001 – 2010 ongeveer een kilometer verschoven richting oost-zuidoost. Het intergetijdegebied op deze plaat (-140 tot 0 cm NAP) is binnen de grenzen van het rustgebied min of meer constant maar neemt aan de oostzijde vrij snel toe. Opvallend is dat de kop van de plaat vanaf 2006 met laag water verbonden is met de kust terwijl de kop in 2001 en 2004 nog geïsoleerd was.

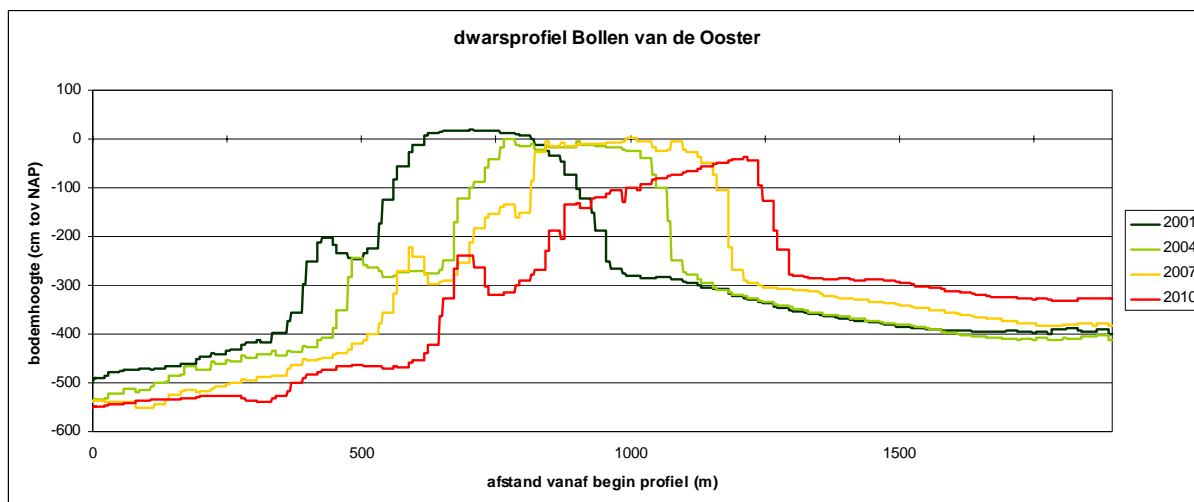
Ontwikkeling Bollen van de Ooster



Figuur B-9.8 Ontwikkeling van oppervlakte van de Bollen van de Ooster ten opzichte van bodemhoogte tussen 2001 en 2010.



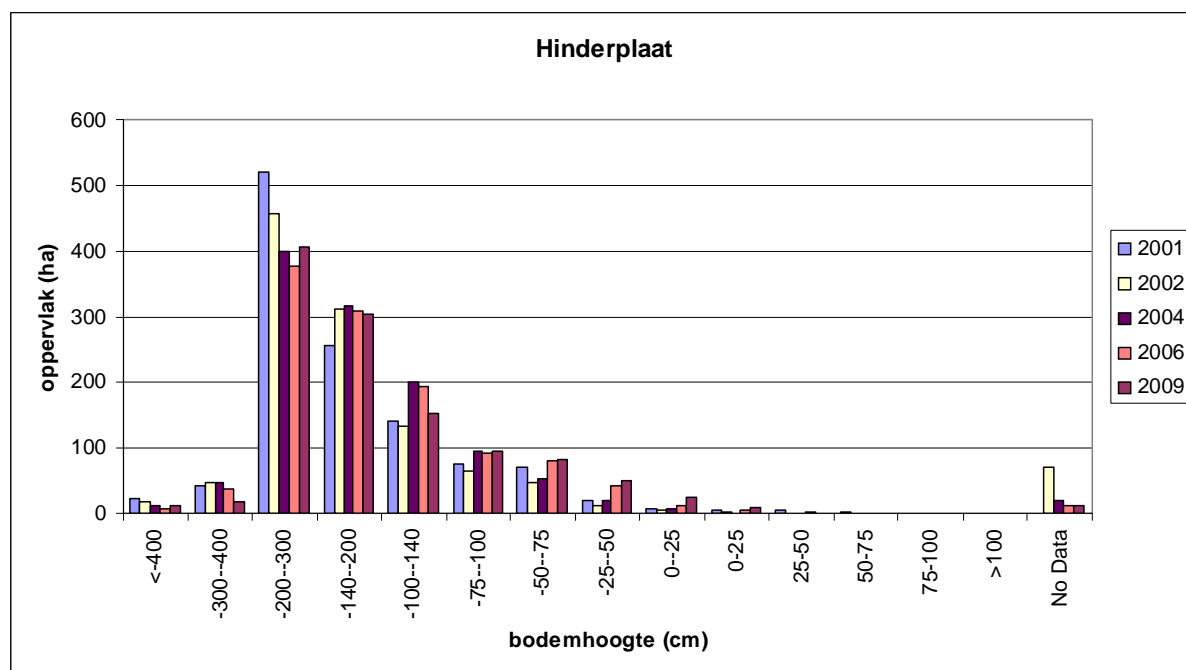
Figuur B-9.9 Bodemhoogtekaart van de omgeving van de Bollen van de Ooster met de startpositie van de profiellijn.



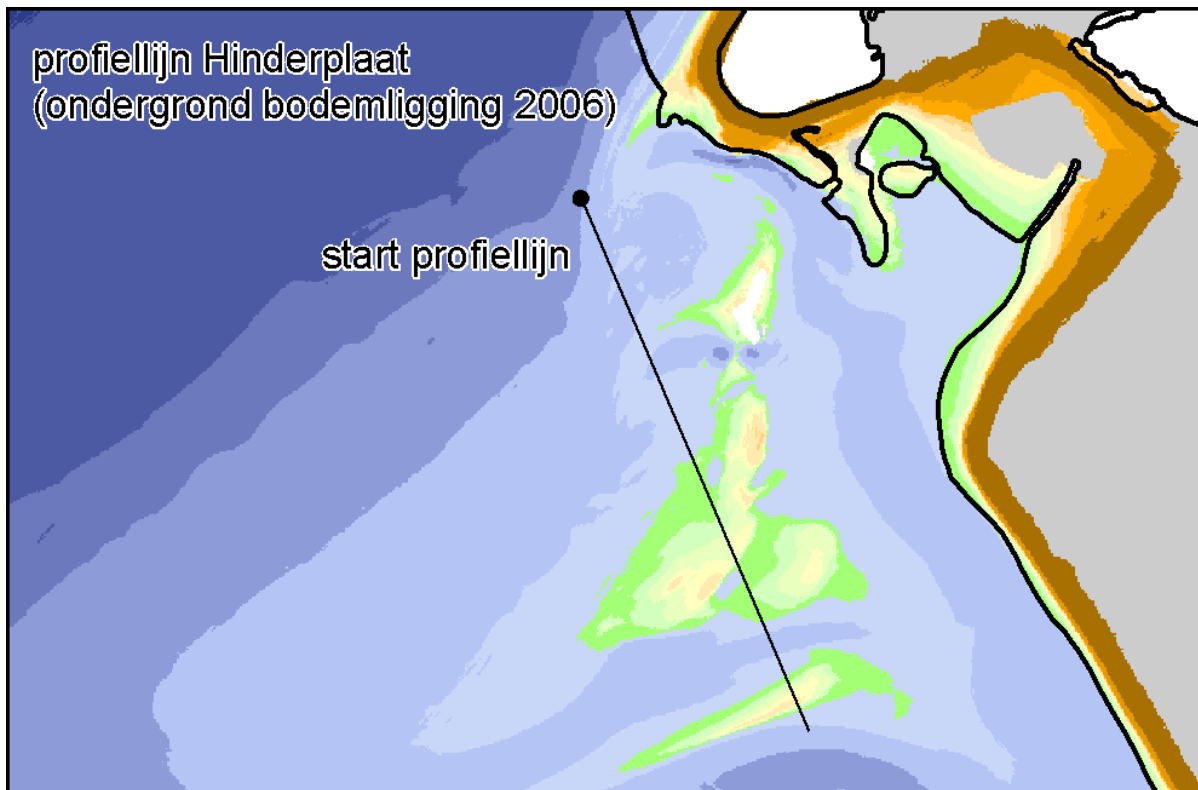
Figuur B-9.10 Ontwikkeling dwarsprofiel van de Bollen van de Ooster tussen 2001 en 2010.

De rug verplaatst zich langzaam richting de kust en is in de loop van de tijd iets lager komen te liggen waardoor grote stukken van de rug minder lang droog liggen (zie dwarsprofiel). De ondiepte aan de zuidkant van het rustgebied die in 2001 nog droog viel bij laagwater is lager komen te liggen waardoor dit stuk nog nauwelijks droogvalt.

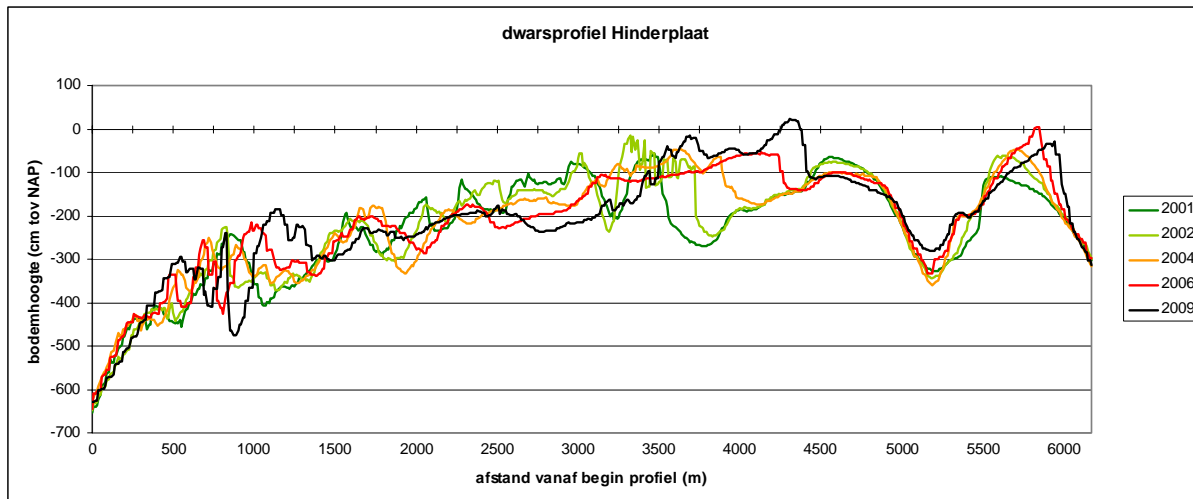
Ontwikkeling Hinderplaat



Figuur B-9.11 Ontwikkeling van oppervlakte van de Hinderplaat ten opzichte van bodemhoogte tussen 2001 en 2009.



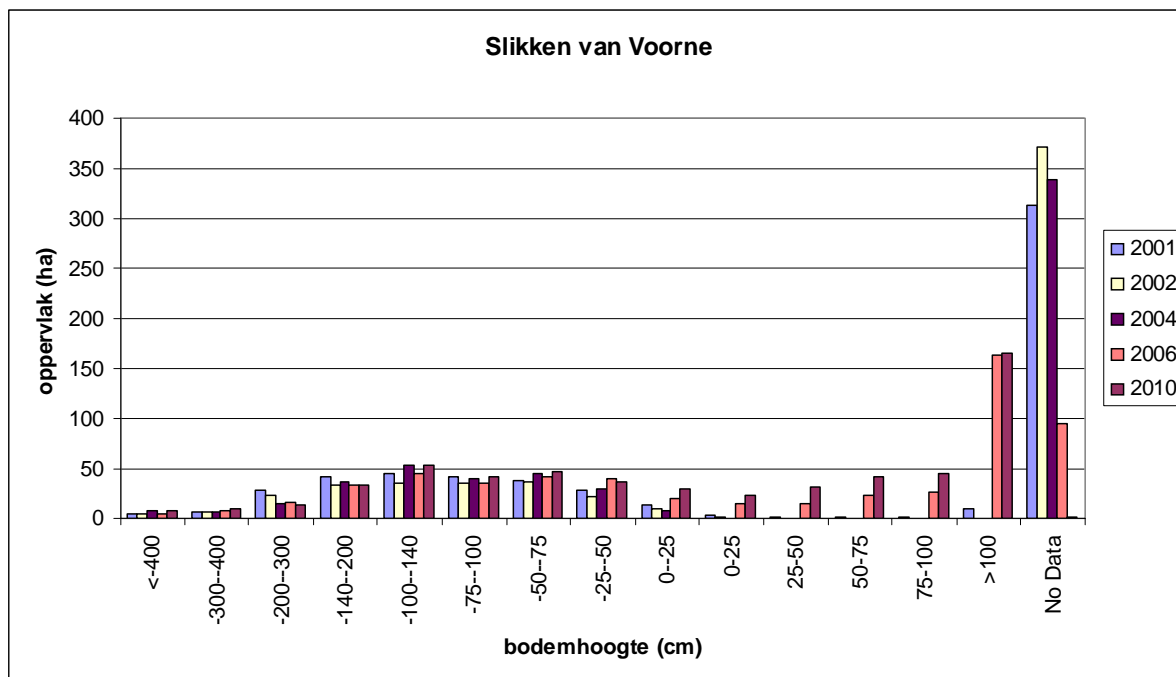
Figuur B-9.12 Bodemhoogtekaart van de omgeving van de Hinderplaat met de startpositie van de profiellijn.



Figuur B-9.13 Ontwikkeling dwarsprofiel van de Hinderplaat tussen 2001 en 2009.

Het oppervlak intergetijdegebied binnen de begrenzing van het rustgebied Hinderplaat neemt langzaam toe, met name in de diepteklasse -100 tot 0 cm NAP. Lokaal is er veel verschuiving in diepe en ondiepe gedeelten van de plaat wat in het dwarsprofiel goed te zien is. De zandruggen verplaatsen zich richting het oosten en zuidoosten. De plaat ten zuiden van het rustgebied neemt in oppervlak en hoogte toe en vormt inmiddels een van de hogere delen van de Hinderplaat.

Ontwikkeling Slikken van Voorne



Figuur B-9.14 Ontwikkeling van oppervlakte van de Slikken van Voorne ten opzichte van bodemhoogte tussen 2001 en 2010.

De bodemhoogtekaarten geven voor de meeste jaren geen dekkend beeld van de Slikken van Voorne waardoor de ontwikkelingen niet goed in te schatten zijn. Over het algemeen zijn de Slikken van Voorne qua ligging en hoogte vrij stabiel in vergelijking met de overige rustgebieden.

LANDSAT Satellietbeelden Voordelta

Van de verschillende rustgebieden en van de Plaat van het Watergat is per gebied bekeken op welke van de 42 beschikbare satellietfoto's voldoende zichtbaar is welke delen er droog liggen. De waterstandsklasse 50-60 cm boven LLWS bleek de enige klasse te zijn waarin voldoende beelden beschikbaar waren om de plaatonttrekken over de jaren heen te kunnen vergelijken (7-9 beelden; tabel B-11.1).

Tabel B-9.1 Aantal beschikbare LANDSAT satellietbeelden per waterstandsklasse boven LLWS.

	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm	50-60 cm	60-70 cm	70-80 cm	80-90 cm	90-100 cm	100-110 cm
Plaat / rustgebied											
Bollen van de Ooster	2	2	3	1	1	9	1	1	0	3	3
Hinderplaten	0	2	2	1	2	9	2	0	1	2	3
Plaat van het Watergat	2	2	1	1	1	7	1	0	1	1	3
Slikken van Voorne	0	2	2	2	2	7	2	0	1	1	3
Verklikkerplaat	1	2	1	2	1	7	1	0	1	2	3

Van deze beelden is de plaatomtrek zo nauwkeurig mogelijk ingetekend. Hoewel het voor sommige beelden lastig was om op basis van de satellietbeelden onderscheid te maken in drooggevallen platen en ondiepe delen of brandingszones, geven de plaatomtrekken de verschuiving en de verandering in vorm van de platen vrij goed weer.

Voor de Verklikkerplaat en de Plaat van het Watergat is de geleidelijke verschuiving richting zuidoost goed zichtbaar. Voor de Bollen van de Ooster lijkt de vorm van de plaat vrij stabiel maar is er ook een verschuiving in zuidoostelijke richting te zien. Daarnaast lijkt het droogvallende gedeelte van de zandrug smaller te worden.

Bij de Hinderplaat is goed te zien dat de ligging van de droogvallende delen erg veranderlijk is en dat de plaat aan de zuidkant van het rustgebied steeds groter wordt. Voor de slikken van Voorne is de omtrek van het droogvallend gebied voor de verschillende satellietbeelden min of meer vergelijkbaar.

Figuur B-9.15 Ontwikkeling van omtrek van platen van de Bollen van de Ooster tussen 2004 en 2011 op basis van satellietbeelden.



Figuur B-9.16 Ontwikkeling van omtrek van platen van de Slikken van Voorne en de Hinderplaat tussen 2004 en 2011 op basis van satellietbeelden.

BIJLAGE 10: Predatiekans stern kuikens in relatie tot conditie

Grote stern

Figuur B-10.1 geeft het gemiddelde van de laatste conditiemetingen van kuikens die dood werden gevonden, werden gepredeerd of vlieg vlug werden in de enclosures op de Scheelhoek en op Markenje. Op de Scheelhoek waren de dood gevonden kuikens steeds in slechtere conditie dan de groep gepredeerde en uitgevlogen kuikens. Kuikens die gepredeerd werden verkeerden gemiddeld in slechtere conditie dan kuikens die vlieg vlug werden. Op Markenje was de conditie van de gepredeerde kuikens zowel in 2011 als in 2012 een stuk lager dan van kuikens die vlieg vlug werden. In 2012 was de conditie van de gepredeerde kuikens even slecht als van kuikens die dood werden gevonden. In 2011 werden op Markenje slechts 2 kuikens dood gevonden waardoor de gemiddelde conditie hiervoor niet erg betrouwbaar is.

Visdief

Figuur B-10.2 geeft de condities van de dood gevonden, gepredeerde en vlieg vlug geworden visdiefkuikens in de vijf onderzochte kolonies in de periode 2009 tot en met 2012. In nagenoeg alle jaren en in alle kolonies is het beeld hetzelfde. Kuikens die dood werden gevonden verkeerden in de slechtste conditie en gepredeerde kuikens verkeerden gemiddeld in een (soms veel) slechtere conditie dan kuikens die uitvlogen. Enkel de Vogelvallei in 2010 (nagenoeg dezelfde conditie bij gepredeerde en vlieg vlug-ge kuikens) en de Scheelhoek in 2009 (veel betere conditie van gepredeerde kuikens dan van uitgevlogen kuikens) geven een ander beeld.

Synthese

Deze resultaten geven aan dat kuikens die in slechte conditie verkeren een verhoogde kans hebben op predatie in vergelijking tot kuikens die in goede conditie verkeren. Een deel van de gepredeerde kuikens zou het waarschijnlijk niet gehaald hebben of was mogelijk al dood toen ze werden gepredeerd. In veel gevallen is de invloed van predatie dus waarschijnlijk niet zo groot als uit de ruwe cijfers zou kunnen worden afgeleid gezien het meestal de zwakkere kuikens zijn die worden gepredeerd.

De kans op predatie kan dus niet geheel worden losgekoppeld van de heersende voedselsituatie. Bij grote sterns is dit mogelijk te wijten aan het feit dat ouders van kuikens die in slechtere conditie verkeren meer gaan foerageren waardoor de kuikens meer alleen blijven en dus vatbaarder zijn voor predatie. Bij visdieven laten de ouders hun kuikens heel frequent alleen, dus vermoedelijk speelt dit minder bij deze soort. Mogelijk zijn kuikens die in goede conditie verkeren beter in staat om zich te verbergen voor predatoren en dus minder vatbaar voor predatie. In deze analyse werd geen rekening gehouden met de leeftijd van de gepredeerde kuikens, noch met het moment waarop de predatie plaatsvond (periodes van slecht weer etc).

Twee uitzonderingen vallen verder op. Vooral de Vogelvallei in 2010 en de Scheelhoek in 2009 geven een ander beeld, namelijk dat de gemiddelde conditie van de gepredeerde kuikens wel goed was. Dat heeft in deze gevallen te maken met het type predator. Zowel op de Vogelvallei in 2010 als op de Scheelhoek in 2009 was een havik erg actief. Op de Vogelvallei was er net voor het uitvliegen van de kuikens een extreem predatie-event, waarbij een havik net voor de kuikens uitvlogen alle kuikens in de enclosure predeerde, waardoor de conditie van de kuikens op dat moment los stond van de kans op predatie. Ook kan de vegetatie hierbij een rol hebben gespeeld. In 2009 was de vegetatie op de Scheelhoek zeer weelderig en hoog, waardoor de kuikens wellicht genoodzaakt waren om de meer open plekken op te zoeken, waar ze dus vatbaarder waren voor predatie.

Figuur B-10.1 *Gemiddelde conditie (+ s.e.) van kuikens van grote stern die dood werden gevonden, werden gepredeerd of uitvlogen op de Scheelhoek (links) en op Markenje (rechts).*

Figuur B-10.2 *Gemiddelde conditie (+ s.e.) van kuikens van visdief die dood werden gevonden, werden gepredeerd of uitvlogen in alle onderzochte kolonies.*

BIJLAGE 11: Gedetailleerd onderzoek naar de veranderingen in het dieet van adulte grote sterns doorheen het broedseizoen

Materiaal en methode

Om een beter zicht te krijgen op de kwaliteit van het voedsel voor adulte grote sterns (dieetsamenstelling en beschikbare prooilengtes en eventuele veranderingen hierin) en een eventuele link met de adulte conditie te vinden, werd in 2013 gestart met een nieuwe proefopzet voor het verzamelen en analyseren van faeces van adulte grote sterns. Hiertoe werden 10 aardewerken schalen met een diameter van 22 cm tussen de nesten in de kolonie gezet, bij voorkeur op plekken waar veel faeces lag. Dit werd zowel op de Scheelhoek als op Markenje gedaan. Op de Scheelhoek werden de schalen om de drie tot vier dagen geledigd, op Markenje gebeurde dit wekelijks. Op de Scheelhoek werden de schalen verzet naar de eerste vestiging op het Groot Duineneiland nadat de kuikens op het Betoneiland waren uitgekomen en naar de tweede vestiging op het Groot Duineneiland nadat de kuikens van de eerste vestiging waren geboren. Op deze manier werd een continue bemonstering van adulte faeces verkregen van begin mei tot 18/6 voor Markenje en tot 2/7 op de Scheelhoek. De faeces werden geanalyseerd volgens de methodiek beschreven in paragraaf 5.2.4).

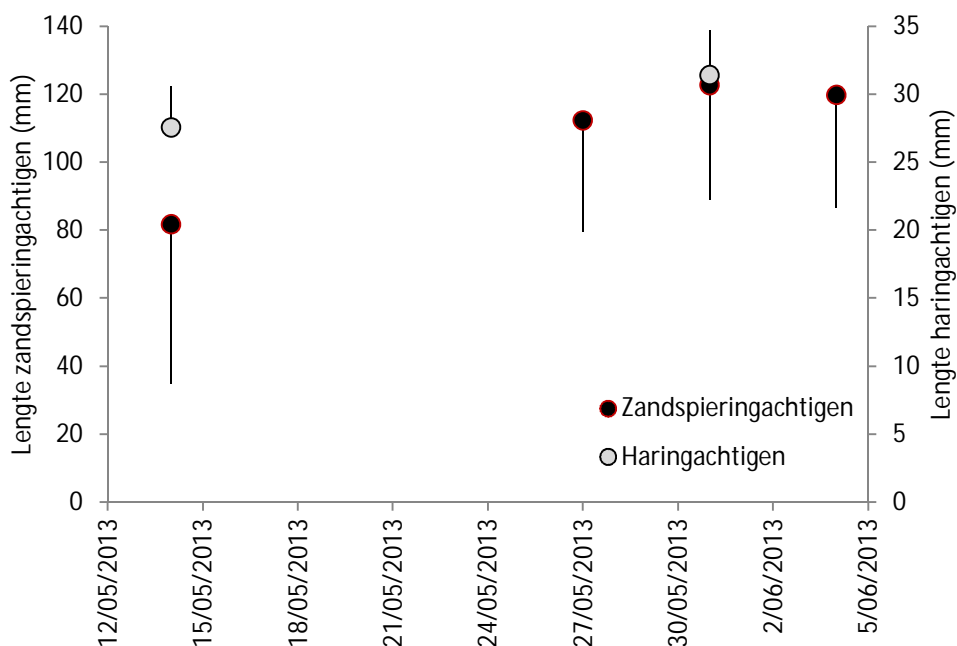
Resultaten

Het uitzoeken van deze monsters vraagt erg veel lab-tijd (op heden werden 4640 otolieten en andere dieetresten uit gesorteerd), hier worden daarom slechts enkele voorlopige resultaten gegeven. Figuur B-11.1 geeft het lengteverloop van de zandspiering- en haringachtigen die werden teruggevonden in vier samples op Markenje. Hieruit blijkt dat de gemiddelde zandspieringgrootte op 14 mei (eerste staalname) beduidend kleiner was dan in alle volgende staalnames (14/5: 82 mm (n=398); 27/5: 112 mm (n=60); 31/5: 123 mm (n=172); 4/6: 120 mm (n=182)). Voor de haringachtigen zijn slechts van 2 staalnames voldoende otolieten opgemeten. Hieruit blijkt een geringe toename in lengte tussen de haringachtigen aangetroffen in het dieet op 14/5 (27,5 mm; n=870) en 31/5 (31,4 mm; n=105).

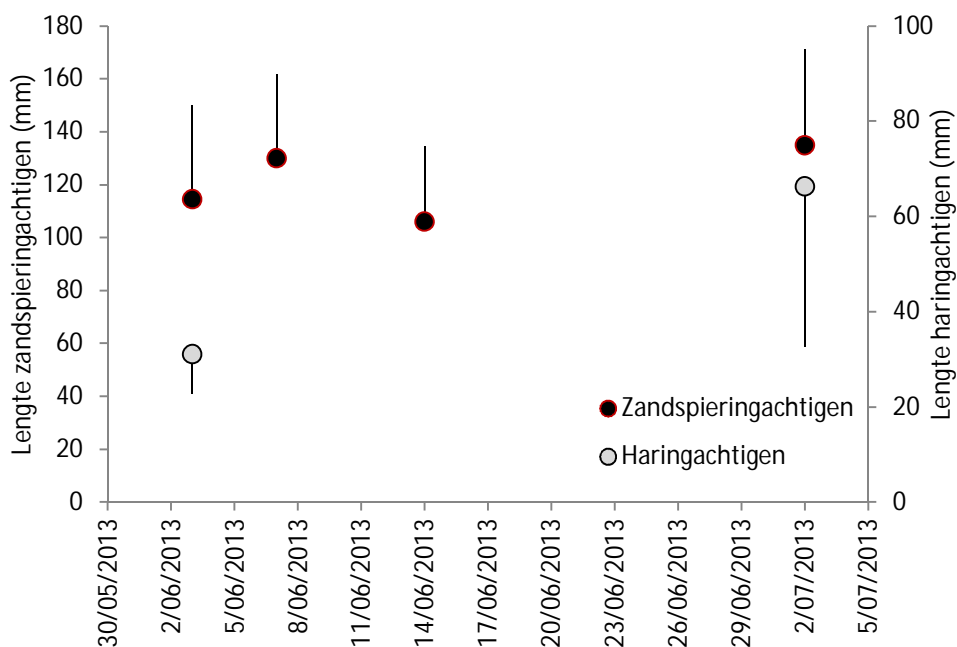
Figuur B-11.2 geeft hetzelfde maar dan voor de Scheelhoek voor 3 latere datums, het punt van 3/6 geeft de gegevens van het algemene sample (dus niet van de schalen) weer. Hieruit blijkt dat er momenteel geen duidelijk verloop is in de lengte van de gegeten zandspieringen (7/6: 130 mm (n=60); 14/6: 106 mm (n=32); 2/7: 135mm (n=10)). De haringachtigen daarentegen waren op 2/7 ruim dubbel zo groot als eind mei-begin juni (66 mm; n=24).

Net zoals in de lengteverdeling is er ook bij de dieetsamenstelling een verschuiving in de tijd te zien (Figuren B-11.3 en B-11.4). Op Markenje bestonden de monsters van 14/5 en 27/5 voor 70 tot 80% uit haringachtigen. Daarna namen zandspieringen een belangrijkere positie in in het dieet. Ook op de Scheelhoek lag het percentage zandspieringen op 7/6 nog vrij hoog. Naarmate het broedseizoen vorderde namen haringachtigen procentueel gezien weer in aantal toe.

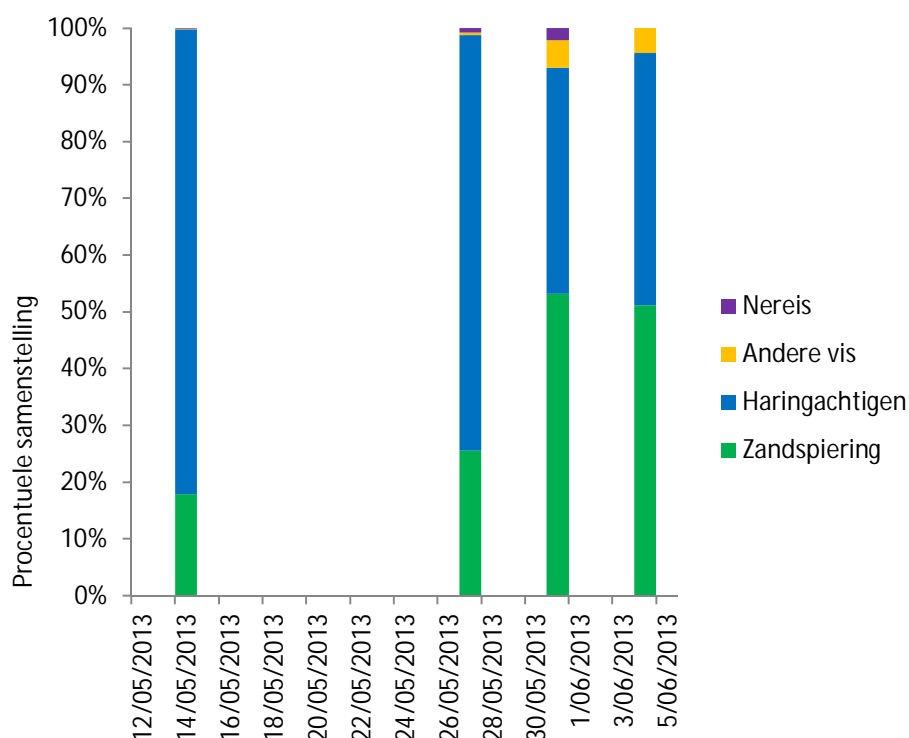
Zoals reeds eerder gesteld zijn dit preliminaire resultaten die met de nodige voorzichtigheid dienen te worden geïnterpreteerd. Niettemin lijkt het erop dat adulte vogels op bepaalde momenten van het broedseizoen van zandspieringachtigen van voldoende grootte afhankelijk zijn om hun conditie te onderhouden. Verder onderzoek om dit uit te klaren is echter nodig.



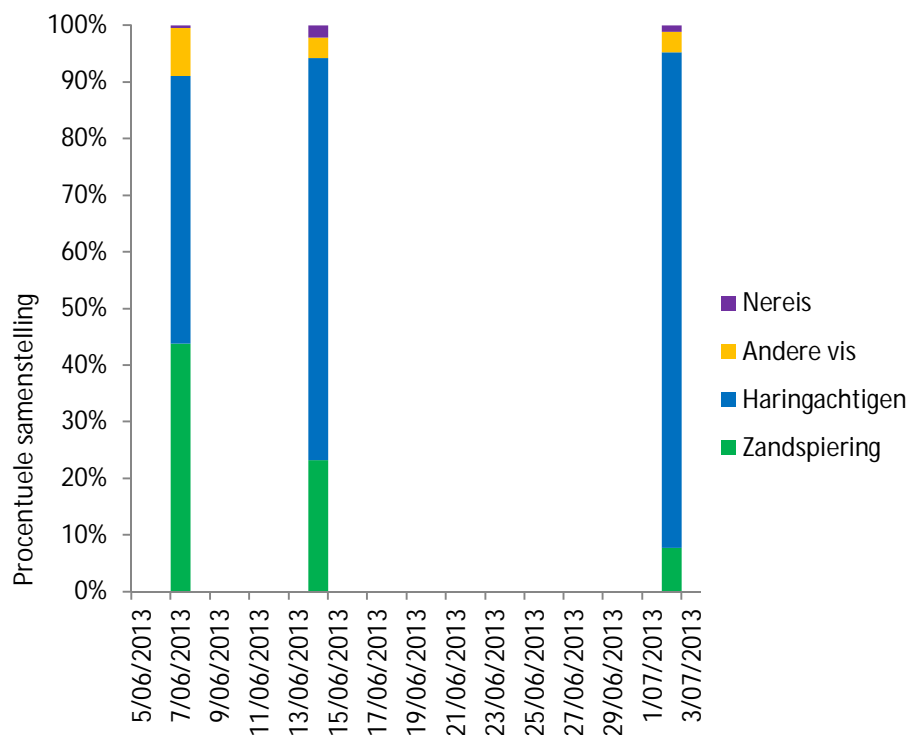
Figuur B-11.1 Verloop in de tijd van de gemiddelde lengte van zandspieringen en haringachtigen in het dieet van adulte grote sterns op Markenje in 2013.



Figuur B-11.2 Verloop in de tijd van de gemiddelde lengte van zandspieringen en haringachtigen in het dieet van adulte grote sterns op de Scheelhoek in 2013.



Figuur B-11.3 Verloop in de tijd van de procentuele samenstelling van het dieet van adulte grote sterns op Markenje in 2013.



Figuur B-11.4 Verloop in de tijd van de procentuele samenstelling van het dieet van adulte grote sterns op de Scheelhoek in 2013.

BIJLAGE 12: Energieaanvoer grote stern kuikens

Model

Uitgaande van de gemeten duur van een voedselvlucht (figuur B-12.1) en de energie-inhoud van de verschillende prooi-soorten werd voor de vier onderzoeksjaren op de Scheelhoek (en ter vergelijking voor Zeebrugge) uitgerekend hoeveel energie een oudervogel in theorie per dag naar het nest kon aanbrengen als die uitsluitend voor prooi van die soort en die lengte zou kiezen (figuur B-12.1, onderste grafieken). Daarbij werd tevens rekening gehouden met de kans dat een vis van die soort en van die bepaalde lengte werkelijk werd geconsumeerd door het kuiken¹ (langere prooi worden vaker geroofd dan kleinere vissen; Figuur B-12.1, middelste grafieken). De op deze manier vastgestelde relaties tussen vislengte en de theoretische dagelijkse energie-inname door kuikens van grote sterns worden weergegeven in Figuur B-12.1 (onderste grafieken). Hieruit blijkt dat hoewel het langer duurt om een grotere prooivis naar de kolonie te brengen en er een grotere kans is dat een grotere vis niet wordt geconsumeerd, de theoretisch realiseerbare energie-inname per tijdseenheid toeneemt met de lengte van de prooivis en dit zowel bij haringachtigen als bij zandspieringen.

Ondanks het feit dat het op de Scheelhoek over het algemeen iets langer duurde om een prooivis naar de kolonie te brengen dan in Zeebrugge, werd er in Zeebrugge een groter deel van de aangevoerde vissen uiteindelijk niet geconsumeerd door de kuikens (voornamelijk als gevolg van kleptoparasitisme door kokmeeuwen) waardoor de relatie tussen prooilengte en dagelijkse energie-inname veel minder variatie vertoont tussen de twee locaties dan de foerageerdur.

In de meeste gevallen waren haringachtigen energetisch voordeliger dan zandspieringen. Deels komt dit omdat het vaak langer duurde om een zandspiering van een bepaalde lengte naar de kolonie te brengen dan een haringachtige van dezelfde lengte. Maar zelfs wanneer het even lang zou duren is de energie-inhoud van een haringachtige groter en levert die prooi-soort dus uiteindelijk meer energie op per tijdseenheid.

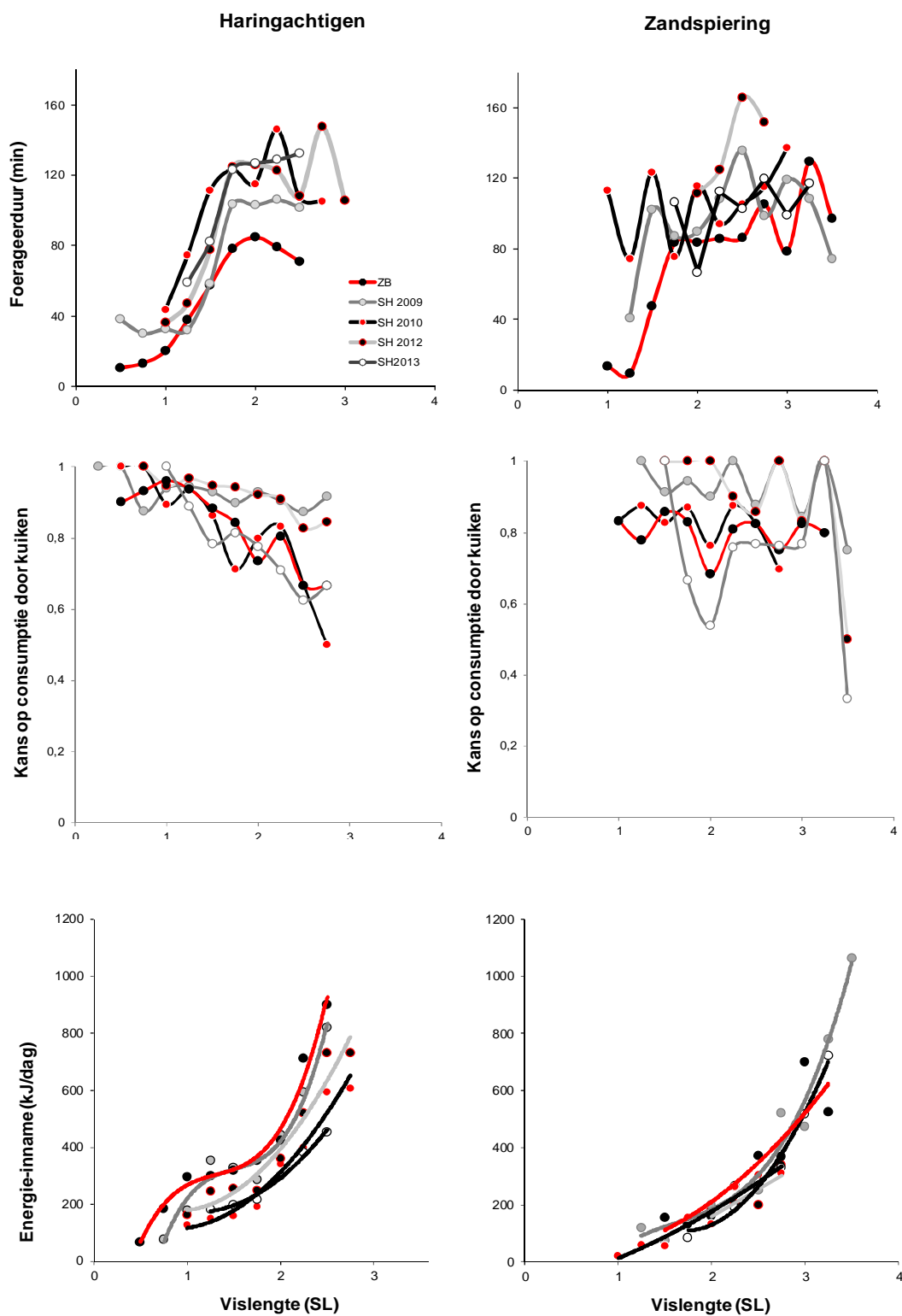
Fysische beperkingen

Op basis van bovenstaande figuren lijkt het logisch dat grote sterns zo groot mogelijke prooi naar hun kuikens brengen omdat dat per tijdseenheid de meeste energie oplevert. Kuikens kunnen echter niet zomaar elke vis doorslikken. Het keelgat van pasgeboren kuikens is van beperkte omvang waardoor ze alleen de kleinere vissen kunnen doorslikken. Om deze fysische beperking te kunnen incorporeren in het 'model', werd gebruik gemaakt van metingen van de omtrek van het keelgat van 75 vers dode grote sternkuikens (afkomstig van Griend 1993-1996, Stienen 2006) en werden deze gerelateerd aan een benadering van de omtrek² van de prooivissen (gebaseerd op metingen van de maximale breedte en hoogte van 10 haringachtigen en 9 zandspieringen verzameld in de kolonie op Griend; Figuur B-12.2). Daaruit volgt bijvoorbeeld dat kuikens van grote sterns van 0 dagen oud, haringachtigen tot 8,7 cm en zandspiering tot 9,8 cm kunnen doorslikken (figuur B-12.3). De berekende maximale prooigroottes komen goed overeen met het gemiddelde van de 5

¹ Op de Scheelhoek in 2009, bijvoorbeeld, duurde het gemiddeld 38 minuten om een haring van 1 snavellengte (i.e. 5,4 cm) naar de kolonie te brengen. Op een lichtperiode van 18 uur konden in theorie dus 28,4 van dergelijke prooi worden aangevoerd (er van uitgaande dat telkens 1 ouder bij het kuiken is). Gebruik makend van de allometrische relatie uit Stienen 2006 komt dat overeen met een aanvoer van 20,2 kJ per dag. Haringachtigen van deze lengte werden allemaal geconsumeerd en dus bedroeg de theoretische dagelijkse energie-inname 20,2 kJ.

² Gebruikte formule voor de benadering voor de omtrek van een prooivis: $\pi \cdot \sqrt{(2 \cdot \text{vishoogte} + 2 \cdot \text{visbreedte})}$.

grootste prooien die in de kolonie werden opgegeten door de kuikens, de gegeten haringachtigen waren meestal zelfs iets kleiner dan de berekende maxima. De aanvoer van zeer grote haringachtigen naar de kolonie in Markenje in 2011 (hier niet meegenomen in de berekening van maximale gegeten prooilengte) doet evenwel vermoeden dat de berekende bovengrens wel degelijk zeer goed overeenkomt met de werkelijke capaciteit van kuikens van grote sterns.



Figuur B-12.1

Relaties tussen de vislengte enerzijds en de gemiddelde foerageerdur (figuren boven), de kans op consumptie (figuren midden) en de theoretische dagelijkse energie-inname (figuren onder) van kuikens van grote sterns op de Scheelhoek in 2009, 2010, 2012 en 2013 en in Zeebrugge (2001-2007). Voor de berekening van de theoretische dagelijks energie-inname werden telkens tweedegraads polynomen gefit door de data (getrokken lijnen onderste figuren). Alleen voor haringachtigen in Zeebrugge en Scheelhoek 2009 werden derdegraads polynomen gefit.

Figuur B-12.2 Gebruikte allometrische relaties tussen de lengte van haringachtigen (figuur links) en zandspieringen (figuur midden) en de hoogte en breedte van de vis en de relatie tussen de maximale doorsnee van het keelgat van kuikens van grote sterns en de grootte van hun kop (figuur rechts).

Figuur B-12.3 Berekende relatie tussen de leeftijd van kuikens van grote sterns en de maximale grootte van haringachtigen en zandspieringen die ze nog kunnen doorslikken (zwarte bollen en cirkels). Tevens wordt per leeftijd het gemiddelde van de 5 grootste vissen weergegeven die daadwerkelijk werden gegeten door de kuikens in de kolonies te Zeebrugge of op de Scheelhoek (waarnemingen vanuit de schuilhut tot en met 2010).

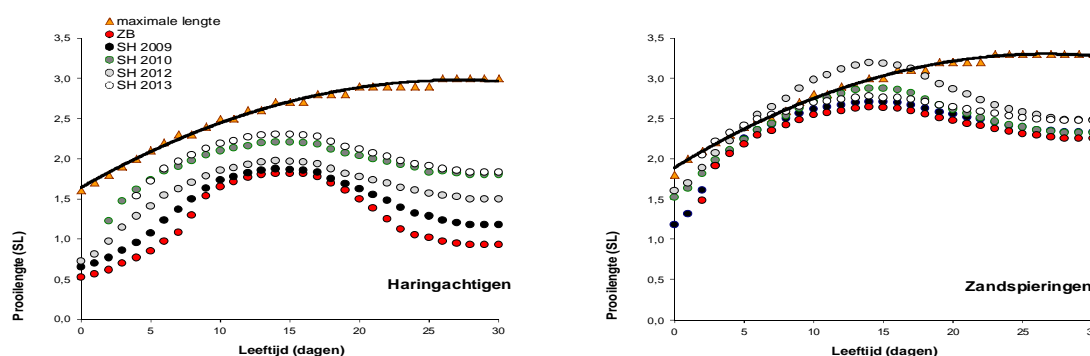
Energetische beperkingen

Naast een beperking in energieopname aan de bovenkant die wordt opgelegd door de maximale grootte van de prooien, is er ook nog een ondergrens die wordt bepaald door de minimale energiebehoefte van de opgroeiende kuikens. Om die te benaderen werd de energie-inname (gross energy intake) gebruikt van kuikens die in een laboratorium werden grootgebracht op ad libitum voedsel (Klaassen *et al.* 1992). Deze ondergrens kan in werkelijkheid wat lager liggen aangezien optimale groei in het veld niet altijd bereikt wordt, maar mogelijk ook wat hoger omdat in veldomstandigheden extra energie wordt uitgegeven voor thermoregulatie. Hoewel Klaassen *et al.* (1992) ook de energie-inname van trage labgroeiers geven werden die hier niet gebruikt. Op de eerste plaats omdat dit model vooral

bedoeld is om een indruk te krijgen van waar de beperkingen liggen voor de opgroeiende kuikens in het Deltagebied en in de tweede plaats omdat aanhoudend lage groeisnelheden zoals die in de labsituatie werden gesimuleerd in een veldsituatie meestal niet voorkomen. Deze methode maakt dus vooral inzichtelijk tijdens welk moment van de kuikenfase de energie-inname het meest kritisch was en waar de potentiële knelpunten lagen voor grote sterns in het Deltagebied in de onderzoeksjaren.

Resultaten

In Figuur B-12.4 zijn de uiteindelijke modelresultaten weergegeven. De figuur toont nogmaals de maximale prooigrootte (ditmaal uitgedrukt in snavel lengtes waarbij $1 \text{ SL} = 5,43 \text{ cm}$) die door de opgroeiende kuikens kan worden geconsumeerd (zwarte lijn over oranje driehoeken). Ook wordt per studiejaar en locatie de minimale prooilengte die nodig was voor een optimale groei (gegeven de relaties tussen prooilengte en energie-input uit Figuur B-12.1) getoond. De figuur moet als volgt worden gelezen: om bijvoorbeeld een kuiken van 5 dagen oud voldoende energie te geven voor optimale groei (daarvoor is 230 kJ nodig; zie Figuur B-11.4) moesten de oudervogels op de Scheelhoek in 2010 bijvoorbeeld kiezen voor zandspierungen van 2,24 SL (11,9 cm) of meer (figuur B-11.4). Bij kleinere zandspierungen was de combinatie van foerageerduur en energie-inhoud onvoldoende om in de dagelijkse energie behoefte van een kuiken van 5 dagen oud te voorzien. Om een zandspierung van 2,24 SL naar de kolonie te brengen was een grote stern in dat jaar gemiddeld 108 minuten onderweg. Op een daglichtperiode van 18 uur kunnen er dus 10 zandspierungen van die lengte worden aangevoerd, wat neerkomt op 258 kJ. Niet alle zandspierungen van die lengte die werden aangevoerd naar de kolonie werden echter ook daadwerkelijk gegeten door de kuikens (o.a. door kleptoparasitisme of vis die op de grond valt en niet meer geconsumeerd wordt). Na aftrek van de geroofde energie bleef 232 kJ over die geconsumeerd kon worden door het kuiken. Uiteraard kunnen ze ook kiezen voor grotere zandspierungen want die brengen nog meer op (figuur B-12.1). Maar de zandspierungen moeten per se kleiner zijn dan 2,4 SL (13,0 cm) want anders kan een kuiken van 5 dagen oud de prooi niet doorslikken (figuur B.12-3). Op die manier werd voor elk jaar op de Scheelhoek voor elke leeftijd van de kuikens en per prooi soort uitgerekend wat de minimale en de maximale lengte van de proovis zou moeten zijn om voldoende energie naar de kolonie te brengen (en dit alles voor een snelle groei en een langzame groei). Globaal gezien hebben grote sterns meer speelruimte bij haringachtigen dan bij zandspierungen.



Figuur B-12.4 Relatie tussen de leeftijd van kuikens van grote sterns te Zeebrugge en op de Scheelhoek en de minimale vislengtes voor een optimale groei van de kuikens. De oranje driehoeken tonen de maximale grootte van haringachtigen en zandspierungen die nog door de kuikens kunnen worden doorslikt.

Relatie met voedselbeschikbaarheid

Uit de berekeningen blijkt dat haringachtigen een belangrijke rol spelen voor de groei van de kuikens. Wanneer de beschikbaarheid van haringachtigen laag is zoals tijdens de aanvang van de kuikenfase in 2010 en 2013 wordt de foerageerduur gevoelig hoger en moeten de grote sterns (deels) overschakelen op zandspiering of andere prooien. Zeker in de kritische periode (rond dag 10-15) was de marge in de lengtes van haringachtigen waartussen de ouders moeten kiezen om aan de dagelijkse energiebehoefte van hun kuiken te voldoen zo klein (in 2010 en 2013 waren alleen haringachtigen van ongeveer 11,5-13,5 cm nog geschikt) dat haringachtigen nauwelijks nog een profijtvolle optie vormden. Zelfs in 2009 en 2012, toen de foerageertijd voor haringachtigen wat gunstiger was, was de keuzemogelijkheid voor haringachtigen in de meest kritische periode nog altijd beperkt tot 9,5-13,5 cm.

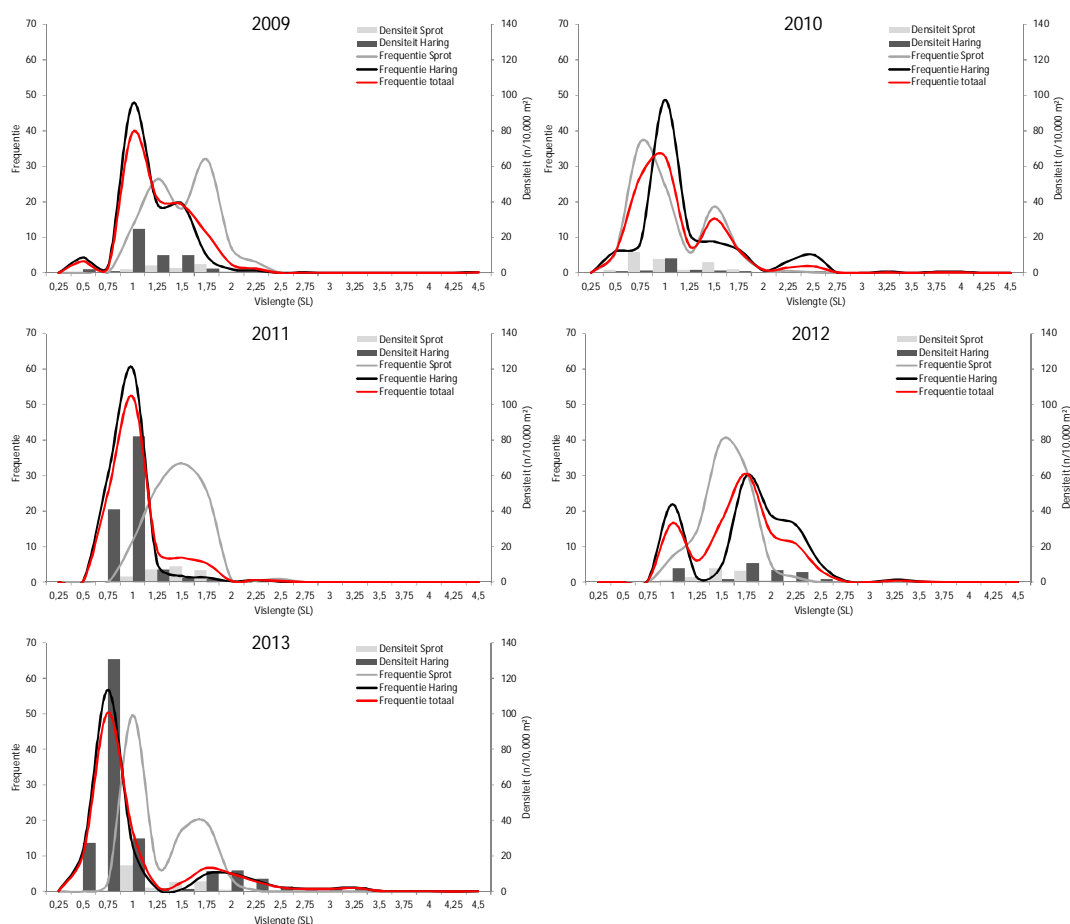
De 'model'-berekeningen suggereren dus dat wanneer de marges voor haringachtigen te beperkt zijn de grote sterns moeten overschakelen op andere prooivissen: meestal zandspiering maar als ook die niet beschikbaar is ook op andere (veel minder energierijke) soorten. Om dit te toetsen aan de realiteit werd op basis van alle protocolgegevens van de Scheelhoek per onderzoeksjaar (2009, 2010, 2012 en 2013) uitgerekend wat de gemiddelde dieetsamenstelling van kuikens van een bepaalde leeftijd was. Deze werden per leeftijd en per jaar gerelateerd aan de berekende marges voor haringachtigen uit Figuur 16 (figuur B-12.5). Hieruit blijkt dat er een sterk verband bestaat tussen de marge die de ouders hebben voor haringachtigen en de samenstelling van het kuikendieet. Als die marge kleiner wordt dan ongeveer 3 cm zakt het percentage haringachtigen snel omlaag en schakelden de oudervogels blijkaar over op alternatieve prooien.

Figuur B-12.5 Relatie tussen de berekende marge in prooilengte en de waargenomen dieetsamenstelling (Scheelhoek 2009, 2010, 2012 en 2013). Elk punt vertegenwoordigt de dieetsamenstelling van kuikens van 1 bepaalde leeftijd in 1 bepaald onderzoeksjaar (bijvoorbeeld kuikens van 5 dagen oud op de Scheelhoek in 2009) en werd gerelateerd aan de jaar- en leeftijdspecifieke marge uit Figuur 16.

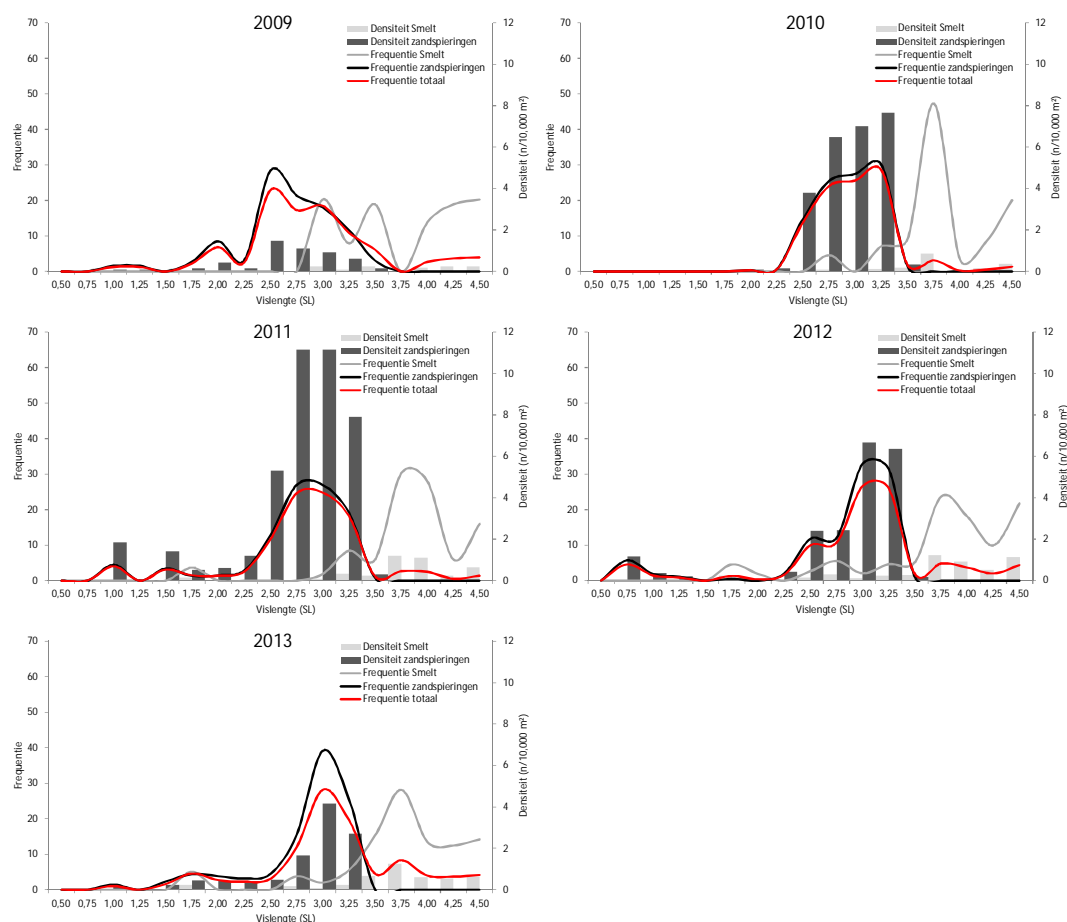
Literatuur

- Klaassen, M., B. Zwaan, P. Heslenfeld, P. Lucas & B. Luijckx, 1992. Growth rate associated changes in the energy requirements of tern chicks. *Ardea* 80: 19-28.
- Stienen E.W.M., 2006. Living with gulls : trading off food and predation in the Sandwich Tern *Sterna sandvicensis* Wageningen : Alterra, 2006. - 192p. (Alterra scientific contributions ; 15), Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.

BIJLAGE 13. Lengtefrequentieverdeling van haringachtigen en zandspieringen in de Imares-bemonsteringen (2009-2013)



Figuur B-13.1 Lengtefrequentieverdeling van Haring, Sprot en het totaal van beide soorten en densiteit van beide soorten ($n/10000 \text{ m}^2$) in het volledige studiegebied (gegevens IMARES WageningenUR).



Figuur B-13.2 Lengtefrequentieverdeling van Smelt, zandspijningen en het totaal van de Ammodytidae en de densiteit van Smelt en zandspijningen ($n/10000 \text{ m}^2$) in het volledige studiegebied (gegevens IMARES WageningenUR).

BIJLAGE 14: Steekproefgroottes enclosure onderzoek

Tabel B-14.1 Aantal metingen van kuikenconditie en adulte conditie bij grote stern en visdief per jaar in alle aan de hand van enclosures onderzochte kolonies in de Voordelta.

Kolonie	Jaar	Grote stern		Visdief	
		Kuikens	Adulten	Kuikens	Adulten
Scheelhoek	2009	261	12	244	19
Scheelhoek	2010	496	15	252	12
Scheelhoek	2011			181	19
Scheelhoek	2012	582	16	612	12
Scheelhoek	2013	484	14	264	11
Markenje	2010			136	
Markenje	2011	155		58	
Markenje	2012	148		95	
Markenje	2013	77		125	
Slijkplaat	2009			116	10
Visdiefeland	2011			83	
Visdiefeland	2012			67	
Vogelvallei	2010			353	15
Vogelvallei	2011			75	19
Vogelvallei	2012			11	3

Tabel B-14.2 Aantal prooien dat tijdens de voedselprotocollen werd aangebracht, aantal uren geprotocolleerd en het totaal aantal uur dat individuele kuikens werden gevolgd per soort, kolonie en jaar.

Kolonie	Jaar	Grote Stern			Visdief		
		n prooi-items	n uur protocol	n kuiken-uur protocol	n prooi-items	n uur protocol	n kuiken-uur protocol
Scheelhoek	2009	1196	113	2548	1131	95	1557
Scheelhoek	2010	997	129	2332	2757	65	823
Scheelhoek	2011				944	55	940
Scheelhoek	2012	649	83	1610	823	23	383
Scheelhoek	2013	409	79	1161	330	16	387
Markenje	2011	5526	12				
Markenje	2012	2496	13				
Markenje	2013	1250	6				
Slijkplaat	2009				165	24	349
Vogelvallei	2010				739	44	687

Tabel B-14.3 Aantal otolieten en Nereis-kaken teruggevonden in faeces van adulte grote sterns per kolonie per jaar.

Kolonie	Jaar	n otolieten	n Nereis-kaken
Scheelhoek	2009	370	53
Scheelhoek	2010	638	846
Scheelhoek	2012	441	88
Scheelhoek	2013	611	103
Markenje	2010	508	109
Markenje	2011	302	2
Markenje	2012	270	13
Markenje	2013	3342	13